



Title	高発熱機械室における温熱環境解析手法の研究：その2. 栈器によるふく射の計算法
Author(s)	吉村, 正孝; 羽山, 広文
Citation	大会学術講演梗概集. 計画系, 57(計画系), 731-732
Issue Date	1982-08-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50444
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKK57-K_731-732.pdf



高発熱機室における温熱環境解析手法の研究

(その2. 機室によるふく射の計算法)

正会員 〇 吉村正孝*

同 羽山広文*

1序 大量の機器を収容する室の温熱環境は通常の事務室等とはかなり異なったものとなっている。したがってこのような室の空調負荷等を求める場合は、この特殊な温熱環境を考慮しなければ実態と合った値は得られない。前報^(*)において実測によりこの特殊性を概略調査したが、その結果より機器による長波長ふく射の影響が大きな要因であることが得られた。そこで今回機器と壁体との相互ふく射の計算法を検討し、機器の影響を実測との比較により調べた。

2. 計算法(その1) 室内に大量の機器が存在する場合その各々のふく射を計算するのは困難である。また、機器相互のふく射は無視できるので機器をまとめて一つの直方体の機器(仮想機器)として考えてみる。(図1) 壁、機器を灰色体とすれば各々のRadiosityは以下に示すようになる。(ただし、 i, j は壁、 k は仮想機器のサックスを表す)

$$R_i A_i = Q_i A_i + (1 - \epsilon_i) B_i A_i \quad (1)$$

$$r_k a_k = q_k a_k + (1 - m_k) b_k a_k \quad (2)$$

$$B_i A_i = \sum_{j=1}^N R_j A_j F_{ji} (1 - \alpha_{ji}) + \sum_{k=1}^M r_k a_k C_{ki} \quad (3)$$

$$b_k a_k = \sum_{j=1}^N R_j A_j C_{jk}^* \quad (4)$$

$$Q_i = \epsilon_i \sigma T_i^4, \quad q_k = m_k \sigma t_k^4$$

ここで(3)式中の α_{ji} は仮想機器が壁体の相互ふく射をしゃへいする割合を示す。壁体(i)が受ける正味のふく射量を $R_i (= \epsilon_i B_i - Q_i)$ とすれば(1)~(4)式より次のように求められる。(ただし、 $F_{ji} (1 - \alpha_{ji})$ にも相互定理が適用できるものとする。)

R_i : 壁のRadiosity (W/m^2)
 r_k : 仮想機器のRadiosity ($^\circ$)
 A_i : 壁の面積 (m^2)
 a_k : 仮想機器の面積 (m^2)
 ϵ_i : 壁のふく射率
 m_k : 機器のふく射率
 F_{ji} : 壁(j)→壁(i)の形係数
 C_{ki} : 仮想機器(k)→壁(i)の形係数
 C_{jk}^* : 壁(j)→仮想機器(k)の形係数
 σ : 黒体ふく射定数
 T_i : 壁の表面温度 ($^\circ\text{K}$)
 t_k : 仮想機器表面温 ($^\circ\text{K}$)
 N : 面の数 ($=6$)

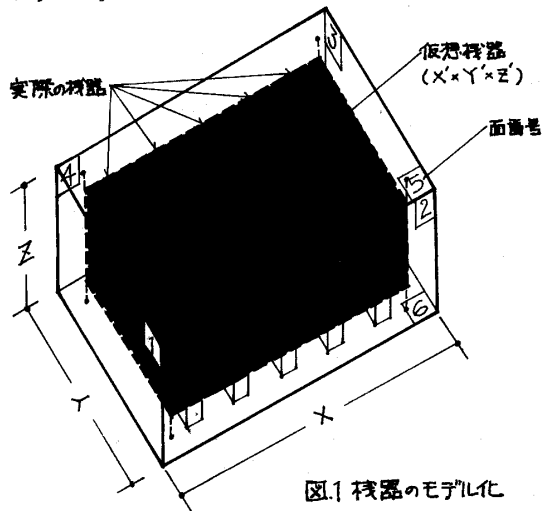


図1 機器のモデル化

$$[P] = \{[D] + [E]\}^{-1} \{[M] + [C]\} [Q] + [G] \quad (5)$$

ここで、

$$[P] = [R_1, R_2, \dots, R_N]^T, [Q] = [Q_1, Q_2, \dots, Q_N]^T \quad (\tau \text{ は転置を示す})$$

$$[G] = \left[\epsilon_1 \sum_{k=1}^M q_k C_{k1}, \epsilon_2 \sum_{k=1}^M q_k C_{k2}, \dots, \epsilon_N \sum_{k=1}^M q_k C_{kN} \right]^T$$

$$[D] = \begin{bmatrix} 1 & \epsilon_1(1-\epsilon_2)F_{12} & \dots & \epsilon_1(1-\epsilon_N)F_{1N} \\ \epsilon_2(1-\epsilon_1)F_{21} & 1 & \dots & \epsilon_2(1-\epsilon_N)F_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \epsilon_N(1-\epsilon_1)F_{N1} & \dots & \epsilon_N(1-\epsilon_{N-1})F_{NN-1} & 1 \end{bmatrix}$$

$$[E] = \begin{bmatrix} \epsilon_1(1-\epsilon_1) \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{k1} C_{k1}^* & \dots & \epsilon_1(1-\epsilon_N) \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{k1} C_{kN}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \epsilon_N(1-\epsilon_N) \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kN} C_{kN}^* & \dots & \epsilon_N(1-\epsilon_1) \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kN} C_{k1}^* \end{bmatrix}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} -1 & \epsilon_2/\epsilon_1 F_{12} & \dots & \epsilon_N/\epsilon_1 F_{1N} \\ \epsilon_2/\epsilon_1 F_{21} & -1 & \dots & \epsilon_N/\epsilon_1 F_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \epsilon_N/\epsilon_N F_{N1} & \dots & \epsilon_N/\epsilon_{N-1} F_{NN-1} & -1 \end{bmatrix}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} \epsilon_1/\epsilon_1 \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{k1} C_{k1}^* & \dots & \epsilon_1/\epsilon_N \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{k1} C_{kN}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \epsilon_N/\epsilon_N \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kN} C_{kN}^* & \dots & \epsilon_N/\epsilon_1 \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kN} C_{k1}^* \end{bmatrix}$$

上式中、 F_{ij} , C_{ki} , C_{jk}^* は図あるいは計算により求めることが可能だが α_{ij} を求めることは困難である。しかし、壁温、仮想機器表面温が等しい時 $[P] = 0$ より、 i 壁に付いて

$$\sum_{j=1}^N F_{ij} d_{ij} = \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kj} C_{k1}^* + \sum_{k=1}^M m_k C_{k1}^* \quad (6)$$

となることから、室内に大量の機器が偏りなく存在すれば d_{ij} は j によらず一定と考えられるため、

$$d_i = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^M (1-m_k) C_{kj} C_{k1}^* + \sum_{k=1}^M m_k C_{k1}^* \quad (7)$$

とすることができ。

3. 計算法(その2) 仮想機器の表面温が面によらず一定と考えられれば、より簡易な計算法が考えられる。つまり、機器をガス体のように半透過性の物体と考える方法である。この場合、壁体のRadiosityは(1)式と同じであるが、(3)式が以下になる。

$$B_i A_i = \sum_{j=1}^N R_j A_j F_{ji} (1 - \beta_i) + \beta_i \sigma T_m^4 A_i \quad (8)$$

ここで、 T_m は機器表面温度であり、 β_i は機器をガス体と考えた場合のふく射率に相当するものと考えられる。(1), (8)式より壁の受ける正味のふく射量 $[P]$ は、

$$[P] = [D']^{-1} \{[M'] \cdot [Q] + [G']\} \quad (9)$$

ここで、 $[P]$, $[Q]$ は(5)式と同じ列ベクトルである。また、

$$[G'] = [\varepsilon_1 \beta_1 T_m^4, \varepsilon_2 \beta_2 T_m^4 \dots \varepsilon_N \beta_N T_m^4]^T$$

$$[D] = \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_1(1-\frac{1}{\varepsilon_2})F_{21}(1-\beta_1) & \dots & \varepsilon_1(1-\frac{1}{\varepsilon_N})F_{N1}(1-\beta_1) \\ \varepsilon_2(1-\frac{1}{\varepsilon_1})F_{21}(1-\beta_2) & 1 & \dots & \varepsilon_2(1-\frac{1}{\varepsilon_N})F_{N2}(1-\beta_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_N(1-\frac{1}{\varepsilon_1})F_{N1}(1-\beta_N) & \dots & \varepsilon_N(1-\frac{1}{\varepsilon_{N-1}})F_{N,N-1}(1-\beta_N) & 1 \end{bmatrix}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} -1 & \varepsilon_1/\varepsilon_2 F_{21}(1-\beta_1) & \dots & \varepsilon_1/\varepsilon_N F_{N1}(1-\beta_1) \\ \varepsilon_2/\varepsilon_1 F_{21}(1-\beta_2) & -1 & \dots & \varepsilon_2/\varepsilon_N F_{N2}(1-\beta_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_N/\varepsilon_1 F_{N1}(1-\beta_N) & \dots & \varepsilon_N/\varepsilon_{N-1} F_{N,N-1}(1-\beta_N) & -1 \end{bmatrix}$$

4. 計算法の比較 前述の2つの方法を用いて、表1に示す条件(図1参照)で壁の受ける正味のふく射量を計算した。ただし、 β_i の値は計算錯誤的に変化させた。図2に $\beta_i = 0.9$ の場合の結果を示す。このように様器表面温が同じ場合は、 β_i に相当な値を与えることで(その1)、(その2)のいずれの方法によってもほぼ同じ結果が得られることがわかる。

表1 計算条件*(H:両側)

室の形状 (X×Y×Z)	18m×15m×5m
仮想様器形状 (X'×Y'×Z')	14m×11m×3m
面1,2,3の表面温(°C)	15 + 5 sin(H-6)1/2
面4,6の表面温(°C)	25 + 5 sin(H-6)1/2
面5の表面温(°C)	20 + 10 sin(H-6)1/2
仮想様器の表面温(°C)	30 + 10 sin(H-6)1/2 (各面とも同じ)

(*図1を参照)

5. 実測値との比較 前報に示したように2要素を用いて図3に示す室の壁のふく射受熱量を実測した。この場合、様器の発熱は小さく様器表面温は室温とほぼ同一の温度となった。そこで、(その2)に示した方法で各壁体の受けるふく射量を計算した。図4に各部の表面温度、室温(=様器表面温)を示す。また、 β_i は計算錯誤的に0.1~0.9の範囲で変化させた。図5, 6に天井、外壁の結果を示す。(β_i は天井0.4, 外壁0.2とした) また同図中に様器によるふく射を無視した場合($\beta_i=0$)を示す。このように β_i に相当な値を与えればかなり実態に近い結果が得られることがわかる。また、様器のふく射の影響は大きく、特に天井においてそれが顕著にあらわれている。

6. 結び 室内に大量の様器がある場合の室内相互ふく射の計算法を示し、実測値との比較からこの計算法の有効性を示した。しかし、(その1)の方法での仮想様器の設定方法、および(その2)の方法での β_i の値の与え方等残された問題も多く、今後実験室実験等により、詳細に検討を行う予定である。

[参考文献]

- *1) 吉村, 永, 羽山: 高発熱様器室における温熱環境解析手法の研究(その1), 昭54年, 建築学会大会
- *2) 堀越, 小林: 人体のモデルとしての直立体と矩形面との間の形態係数に関する研究(その1), 昭51年, 建築学会大会発表資料
- *3) 中村: 2要素型環境放射熱計算の検討(その1), 昭52年, 建築学会大会

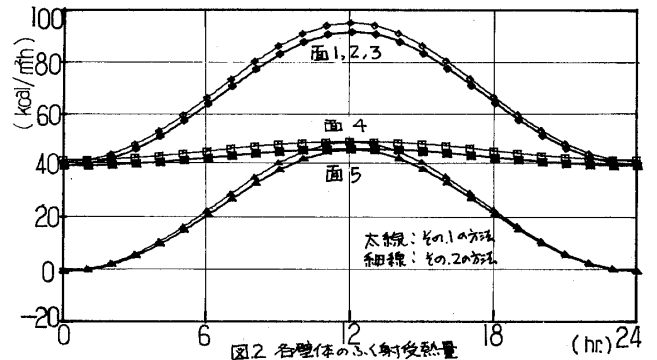


図2 各壁体のふく射受熱量

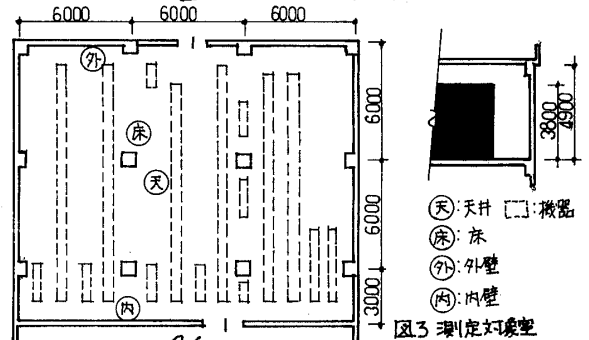


図3 測定対象室

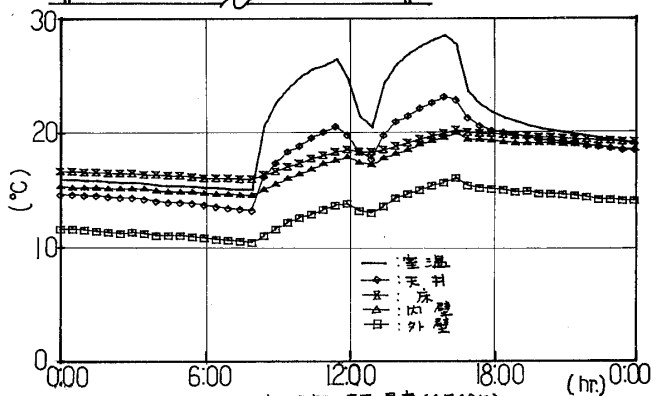


図4 室内各部の表面温度(1月19日)

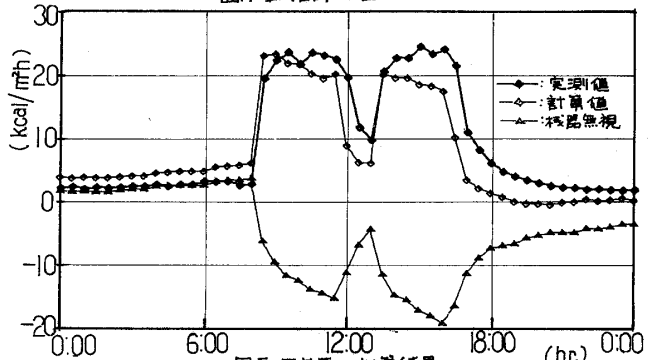


図5 天井面の計算結果

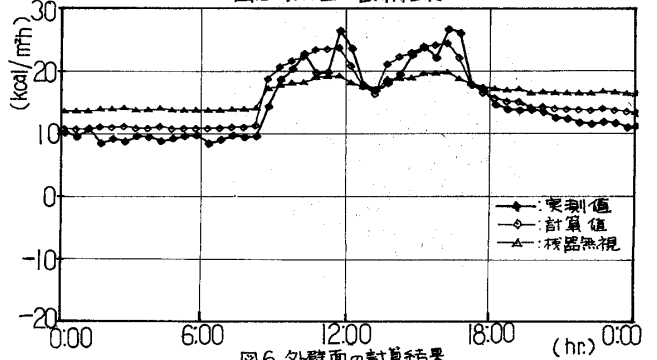


図6 外壁面の計算結果

(*日本電信電話公社・武蔵野電気通信研究所)