HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高発熱桟械室における温熱環境解析手法の研究 ： その2. 桟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

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Architectural Institute of Japan

日本建築学会大会学術講演梗概集
（東　北）　昭和57年10月

高発熱機械室における温熱環境解析手法の研究
（その2．機器によるふく射の計算法）

正会員○吉村正彦*
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[*1)]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は仮想機器のサフィックスを表す)

$$R_iA_i = Q_iA_i + (1-\varepsilon_i)B_iA_i \quad (1)$$

$$r_ka_k = g_Ka_k + (1-\mu_k)b_ka_k \quad (2)$$

ここで，

$$B_iA_i = \sum_{j=1}^{N} R_jA_jF_{ji}(1-\alpha_{ji}) + \sum_{k=1}^{N} r_ka_kC_{ki} \quad (3)$$

$$b_ka_k = \sum_{j=1}^{N} R_jA_jC^*_{jk} \quad (4)$$

また，

$$Q_i = \varepsilon_i\sigma T_i^4,\quad g_k = \mu_k\sigma t_k^4$$

R_i：壁のRadiosity（kcal/m²h）
r_k：仮想機器のRadiosity（〃）
A_i：壁の面積（m²）
a_k：仮想機器の面積（m²）
ε_i：壁のふく射率
μ_k：機器のふく射率
F_{ji}：壁(j)→(i)の形態係数
C_{ki}：仮想機器(k)→壁(i)の形態係数
C^*_{jk}：壁(j)→仮想機器(k)の形態係数
σ：黒体ふく射定数
T_i：壁の表面温度（°K）
t_k：仮想機器表面温（°K）
N：面の数（=6）

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$P_i(=\varepsilon_iB_i-Q_i)$とすれば(1)～(4)式より次のように求められる。(ただし，$F_{ji}(1-\alpha_{ji})$にも相反定理が適用できるものとする。)

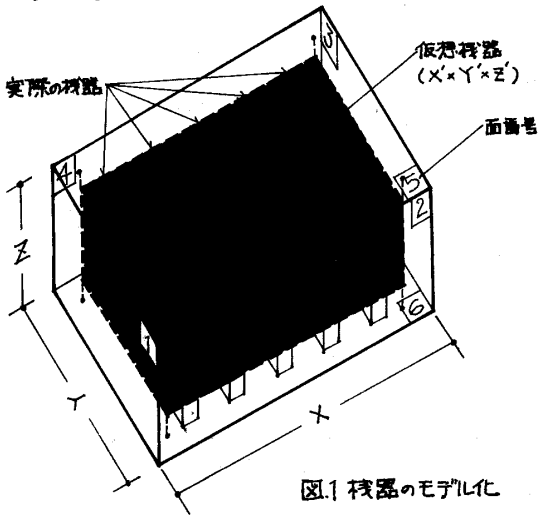

図.1 機器のモデル化

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

ここで，

$$[P] = [P_1, P_2, \cdots P_N]^T,\ [Q] = [Q_1, Q_2, \cdots Q_N]^T \quad (T\text{は転置を示す})$$

$$[G] = \left[\varepsilon_1\sum_{k=1}^{N} g_kC_{k1},\ \varepsilon_2\sum_{k=1}^{N} g_kC_{k2},\ \cdots\cdots \varepsilon_N\sum_{k=1}^{N} g_kC_{kN}\right]^T$$

$$[D] = \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_2)F_{12}(1-\alpha_{12}) & \cdots\cdots & \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_N)F_{1N}(1-\alpha_{1N}) \\ \varepsilon_2(1-1/\varepsilon_1)F_{21}(1-\alpha_{21}) & 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & 1 & \varepsilon_{N-1}(1-1/\varepsilon_N)F_{N-1N}(1-\alpha_{N-1N}) \\ \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_1)F_{N1}(1-\alpha_{N1}) & \cdots\cdots & \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_{N-1})F_{NN-1}(1-\alpha_{NN-1}) & 1 \end{bmatrix}$$

$$[E] = \begin{bmatrix} \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_1)\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{k1}C^*_{1k} & \cdots\cdots & \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_N)\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kN}C^*_{1k} \\ \vdots & & \vdots \\ \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_1)\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{k1}C^*_{1k} & \cdots\cdots & \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_N)\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kN}C^*_{Nk} \end{bmatrix}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} -1 & \varepsilon_1/\varepsilon_2F_{12}(1-\alpha_{12}) & \cdots\cdots & \varepsilon_1/\varepsilon_NF_{1N}(1-\alpha_{1N}) \\ \varepsilon_2/\varepsilon_1F_{21}(1-\alpha_{21}) & -1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & -1 & \varepsilon_{N-1}/\varepsilon_NF_{N-1N}(1-\alpha_{N-1N}) \\ \varepsilon_N/\varepsilon_1F_{N1}(1-\alpha_{N1}) & \cdots\cdots & \varepsilon_N/\varepsilon_{N-1}F_{NN-1}(1-\alpha_{NN-1}) & -1 \end{bmatrix}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} \varepsilon_1/\varepsilon_1\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{k1}C^*_{1k} & \cdots\cdots & \varepsilon_1/\varepsilon_N\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kN}C^*_{1k} \\ \vdots & & \vdots \\ \varepsilon_N/\varepsilon_1\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{k1}C^*_{1k} & \cdots\cdots & \varepsilon_N/\varepsilon_N\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kN}C^*_{Nk} \end{bmatrix}$$

上式中，F_{ij}，C_{ki}，C^*_{ik}は図あるいは計算により求めることが可能だが[*2)]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壁について

$$\sum_{j=1}^{N} F_{ij}\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kj}C^*_{ik} + \sum_{k=1}^{N}\mu_kC^*_{ik} \quad (6)$$

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αijはjによらず一定と考えられるため，

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}(1-\mu_k)C_{kj}C^*_{ik} + \sum_{k=1}^{N}\mu_kC^*_{ik} \quad (7)$$

とすることができる。

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)式が以下のようになる。

$$B_iA_i = \sum_{j=1}^{N} R_jA_jF_{ji}(1-\beta_i) + \beta_i\sigma T_m^4A_i \quad (8)$$

ここで，Tmは機器表面温度であり，βi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，

NII-Electronic Library Service

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

$$[D'] = \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_2)F_{12}(1-\beta_1) & \cdots & \varepsilon_1(1-1/\varepsilon_N)F_{1N}(1-\beta_1) \\ \varepsilon_2(1-1/\varepsilon_1)F_{21}(1-\beta_2) & 1 & & \\ \vdots & & \ddots & \varepsilon_{N-1}(1-1/\varepsilon_N)F_{N-1N}(1-\beta_{N-1}) \\ \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_1)F_{N1}(1-\beta_N) & \cdots & \varepsilon_N(1-1/\varepsilon_{N-1})F_{NN-1}(1-\beta_N) & 1 \end{bmatrix}$$

$$[M'] = \begin{bmatrix} -1 & \varepsilon_1/\varepsilon_2 F_{12}(1-\beta_1) & \cdots & \varepsilon_1/\varepsilon_N F_{1N}(1-\beta_1) \\ \varepsilon_2/\varepsilon_1 F_{21}(1-\beta_2) & -1 & & \\ \vdots & & \ddots & \varepsilon_{N-1}/\varepsilon_N F_{N-1N}(1-\beta_{N-1}) \\ \varepsilon_N/\varepsilon_1 F_{N1}(1-\beta_N) & \cdots & \varepsilon_N/\varepsilon_{N-1} F_{NN-1}(1-\beta_N) & -1 \end{bmatrix}$$

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の値は試行錯誤的に変化させた。図.2にβ_i=0.9の場合の結果を示す。このように標器表面温が同じ場合は，β_iに適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:時刻)

室の形状 (X×Y×Z)	18m×15m×5m
仮想標器形状 (X'×Y'×Z')	14m×11m×3m
面1,2,3の表面温(℃)	15+5sin(H-6)π/12
面4,6の表面温(℃)	25+5sin(H-6)π/12
面5の表面温(℃)	20+10sin(H-6)π/12
仮想標器の表面温(℃)	30+10sin(H-6)π/12 (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素子[*3]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，標器の発熱は小さく標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(=標器表面温)を示す。また，β_iは試行錯誤的に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) また同図中に標器によるふく射を無視した場合(β_i=0)を示す。このようにβ_iに適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，標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　室内に大量の標器が在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)の方法での仮想標器の設定方法，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，末永，羽山：高発熱標器室における温熱環境解析手法の研究(その.1)，昭56年，建築学会大会

*2) 塚越，小林：人体のモデルとしての直方体と矩形面との間の形態係数に関する研究(その.1)，昭51年建築学会関東支部

*3) 中村：2素子型環境放射計の試作検討(その.1)，昭52年建築学会大会

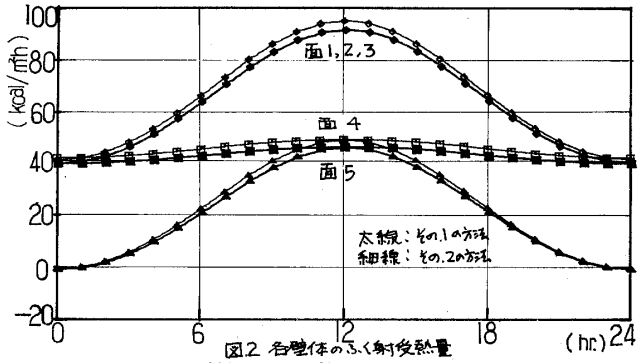

図.2 各壁体のふく射受熱量

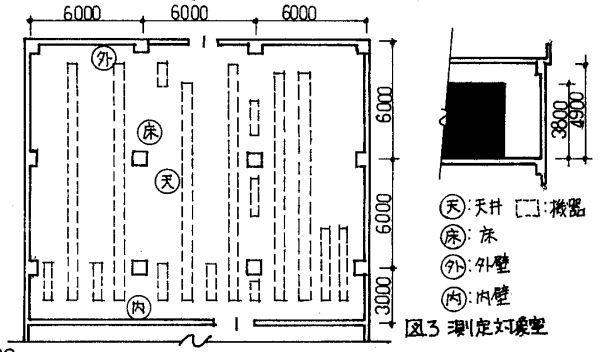

図.3 測定対象室

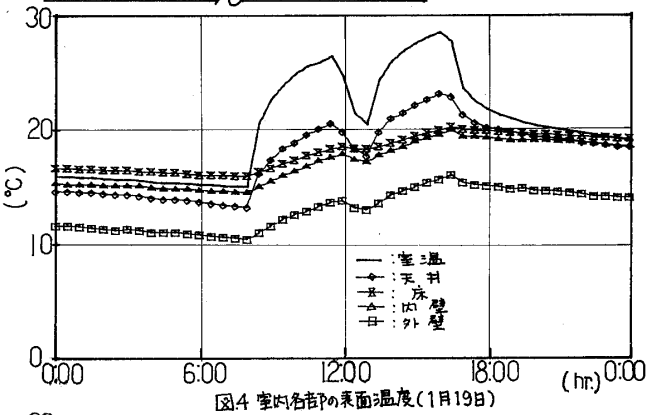

図.4 室内各部の表面温度(1月19日)

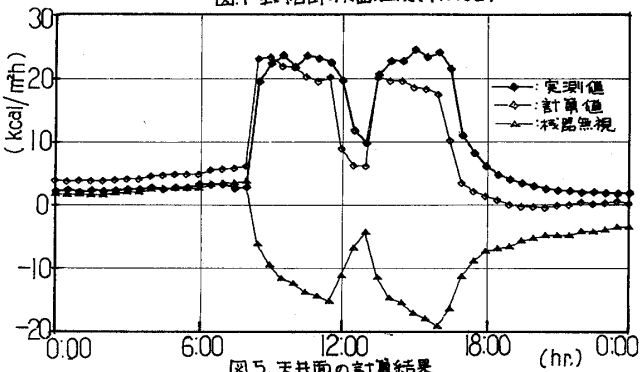

図.5 天井面の計算結果

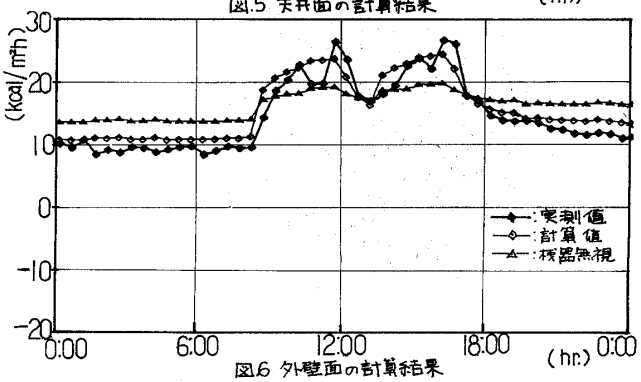

図.6 外壁面の計算結果

(*日本電信電話公社・武蔵野電気通信研究所)

NII-Electronic Library Service