多数室の室温変動の解法

落藤　澄*
(昭和42年9月16日受理)

Analytical Method of Transient Room Temperature in Multiple Rooms

Kiyoshi OCHIFUJI
(Received September 16, 1967)

Abstract

This paper deals with problems on transient room temperature in the case of multiple rooms.

With the assumption of the linear flow of heat and of nonradiation between the wall surfaces, the room temperature produced by heating is given by $\sum^{k}(\Delta_{ki}/\Delta)\,W_k$ in the Laplace range, where W_k is the thermal quantity in an optional room, and Δ_{ki}/Δ is the system function determined by the structure, the materials and the rate of ventilation.

However, to obtain a general solution for room temperature is almost impossible because of the complexity of the system function. Further, the author presents an approximate analytical method to obtain transient room temperature in multiple rooms.

目　　次

1. 緒　　言

室温変動に関する研究は数多く報告されている。しかし従来の解法は単室に関するものであり，多数の室で構成されている一般の建物には必らずしも適用出来ない。暖房によって形成される多数室の室温，或いは所要室温を形成するための多数室の暖房は，単室の場合と同じく，ある仮定事項のもとで夫々の室について熱平衡を考え，その連立方程式を解いて求め得るはずである。しかし実際には非常に複雑なものとなり，余程単純なモデルでない限り解くことは難しい。

*　衛生工学科衛生設備工学講座

本論文では暖房によって形成される多数室の室温問題を取り扱ったものであり，室温と暖房の関係をある仮定事項のもとで熱伝導論的に明確にし，室温を求めるための逐次解法を述べるものである。

2. 記号と仮定

2·1 記 号

$\theta_i(t)$	:	室内気温	$[°C]$
$\theta_j(t)$	:	隣室気温	$[°C]$
$\theta_0(t)$	:	外気温度	$[°C]$
$w_i(t)$	:	暖房熱量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr}}\right]$
$h_i(t)$	:	対流熱伝達によって壁に流入する熱量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2}}\right]$
${}_{nj}h_i(t)$	:	j 隣室の n 間仕切壁に流入する $h_i(t)$	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2}}\right]$
${}_{n0}h_i(t)$	:	外壁の n 壁に流入する $h_i(t)$	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2}}\right]$
$r_i(t)$	:	周壁相互の放射によって壁に流入する熱量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2}}\right]$
$q_i(t)$	:	壁表面より壁体内に流入する熱量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2}}\right]$
λ	:	壁体の熱伝導率	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m\cdot deg}}\right]$
κ	:	壁体の温度伝播率	$\left[\frac{\mathrm{m^2}}{\mathrm{hr}}\right]$
l	:	壁体の厚さ	$[\mathrm{m}]$
F	:	壁体の表面積	$[\mathrm{m^2}]$
α	:	対流熱伝達率	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2\cdot deg}}\right]$
ε	:	壁体の黒度	
φ	:	壁体間の全形態係数	
C_b	:	黒体の放射常数	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{hr\cdot m^2\cdot K^4}}\right]$
v	:	換気量	$\left[\frac{\mathrm{m^3}}{\mathrm{hr}}\right]$
c	:	室内の熱容量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{deg}}\right]$
σ	:	空気の単位体積の熱容量	$\left[\frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{m^3\cdot deg}}\right]$
$\sum^{n}$	:	壁体に関する総和	
$\sum^{j}$	:	隣室に関する総和	
$\sum^{nj}$	:	間仕切りの総和	
$\sum^{n0}$	:	外壁の総和	
s	:	時間 t に関するラプラス演算子	

夫々の関数の大文字は時間 t についてのラプラス変換を示すものとする。 $\{$例 $L[\theta_i(t)]=\Theta_i(s),\ L[q_i(t)]=Q_i(s)\}$

2·2 仮　　定

室温変動を理論的に考察する上で次の仮定を設ける。

(i) 壁体及び室内空気の熱的常数，熱伝達率或いは換気量は温度，時間によらず一定とする。

(ii) 室内空気における熱の拡散は瞬間的なものとし，室内温度は均一に分布するものとする。

(iii) 壁体の熱伝導は Fourier の式に基づくものとし，夫々の面で1次元的な取り扱いが可能であるとする。

(iv) 壁体相互の放射による熱授受は壁表面の温度差に比例するものとする。

(v) 温度，熱流を表わす関数はラプラス変換が可能な関数[1] とする。

室温変動に関与する熱的係数のうち対流熱伝達率及び自然換気は温度の関数である。しかし一般の暖冷房においては温度の変動範囲が少ないので常数扱いをする。又壁，床，天井 (以下壁体で代表させる。) の相互放射による熱授受は，本来表面温度の4乗則に基づくのであるが，建物の暖冷房の如く壁体間の温度差が比較的小さい状態では近似的に温度差に比例するとみなされる。但し室内に暖房放射体の有る場合には適用出来ない。

以上の仮定によって室温変動に関係する物理系は線形なものになる。ここで線形とは熱源と温度との間に因果性，加法性及び時間推移に対する不変性が成立することを意味するものとする[2]。従って形態の異なる数種の熱源によって形成される温度は，個々の熱源によって形成される温度を合成して求めることが出来る。熱源としては熱流源と温度源が考えられる。暖房の熱源は一般に室内に無くボイラー及び熱交換器と云ったものに相当するが，ここでは室内熱源のモデルを考える。室内熱源として最も一般的な形態は空気に熱を与える熱流源であり，その外に壁面を加熱するもの，室内或いは壁面に温度源があって放射を行なうもの及びその組合せが考えられる。室温変動の原因となる外界熱源には主に日射と外気があり，前者は外壁面又は窓より透過して床面等を加熱する熱流源，後者は温度源とみなされる。本論文では熱源として室内空気に熱を与える熱流源及び外気の温度源を考え，その他の熱源は考えない。

3. 多数室の一般解法

3·1 熱　収　支

初め全ての温度が 0°C であり，ある時間より夫々の室で暖房を行ない，且つ外気温度が変動する時，各室の熱平衡を考えてみる。室内に家具等の熱吸収体が無いものとすると，室内空気に与えられた熱量は一部が室内空気に蓄熱され，残りは開口又は壁体を通して流出する。従って任意の室の熱収支は

$$w_i(t) = c_i \frac{d\theta_i(t)}{dt} + \sum^{j} \sigma v_{ij} \left\{ \theta_i(t) - \theta_j(t) \right\} + \sigma v_{i0} \left\{ \theta_i(t) - \theta_0(t) \right\}$$
$$+ \sum^{n \cdot j} F_{nj} \cdot {}_{nj}h_i(t) + \sum^{n \cdot 0} F_{n0} \cdot {}_{n0}h_i(t) \tag{1}$$

となる。右辺第１項は室内空気の蓄熱量，第２項は隣室への換気による損失熱量，第３項は外界への換気による損失熱量，第４項は室内より間仕切り壁への流出熱量，第５項は外壁への流出熱量である。又第 4, 5 項は壁体の対流による熱伝達に相当し，壁体表面の熱収支を考えることによって次式を満足していなければならない。

$${}_nh_i(t) = {}_nq_i(t) - {}_nr_i(t) \tag{2}$$

ここに ${}_nq_i(t)$ は n 壁体の表面より壁体内へ流入する熱量であり，両端の表面温度の関数である。${}_nr_i(t)$ は周壁相互の放射による n 壁体の受熱量であり周壁及び n 壁の表面温度の関数である。従って (1), (2) 式は室内気温と壁体表面温度によって記述される。そして (1) 式は室の数だけ存在し (2) 式は夫々の室で壁体の数だけ存在するので，室内気温と壁体表面温度を未知数とする連立方程式の条件は満足される。

いま放射の無い環境においては (2) 式は，

$${}_nh_i(t) = {}_nq_i(t) \tag{3}$$

となり，連立方程式の解は放射のある場合に比して遙かに容易に求められる。

3·2 壁体相互の放射熱伝達 $r_i(t)$

壁体内表面の放射伝熱は両壁体の温度差に比例するものとする。壁体 n に相対する周壁を n' で表わすと，壁体 n の受ける単位面積当りの平均受熱量は近似的に次の如く表わされる[3]。

$${}_nr_i(t) = \sum^{n'} k\, \varepsilon_n \cdot \varepsilon_{n'} \varphi_{n' \cdot n} \left\{ {}_{n'}u_i(t) - {}_nu_i(t) \right\} \tag{4}$$

ここに

$$k = \frac{4}{100} C_b \left(\frac{T}{100} \right)^3$$

T: 可及的に周壁の平均絶対温度とする

上式の ${}_nu_i(t)$, ${}_{n'}u_i(t)$ は n 壁と n' 壁における壁表面温度である。壁表面の温度差が余り無く放射による受熱量が対流熱伝達に比べ小さいならば ${}_nr_i(t) \fallingdotseq 0$ とみなして計算を簡易化することも可能である。一般に放射受熱を無視出来ない場合でも直接複雑な連立方程式を解くのではなく比較的容易に得られる解，即ち放射受熱を考えない時の解から逐次算出していくことが出来る。この手法は放射の温度形成に及ぼす影響を常に検討出来るのが特徴である。一般の放射環境において，夫々の受熱面で放射を打ち消すような拘束熱量が外部から与えられるならば，丁度放射受熱の無い状態を作り出せる。まずその状態での室温と壁体表面温度を求める。この計算は比較的容易である。次いで夫々の壁面において余分に加えた拘束熱量を除去し，除去熱量によって形成される温度を算出する。但し再び拘束熱量によって放射受熱の無い状態を考え

る。此の様に逐次計算を行ない，実際の温度は各過程で得られた温度の和で与えられる。従って放射受熱の無い状態を考えても一般性を失わないので，以下その状態における暖房と室温の関係を述べることにする。

3·3 壁体の流入熱量 $h_i(t)$

一般に平面間仕切壁における両側の気温と流入熱量の関係は像空間において次式で表わされる[4]。但し初期値は全て 0°C とし，壁体相互の放射は考えないものとする。

$$\begin{aligned} H_i(s) &= Y_{ii}(s)\cdot\Theta_i(s) - Y_{ij}(s)\cdot\Theta_j(s) \\ H_j(s) &= Y_{jj}(s)\cdot\Theta_j(s) - Y_{ji}(s)\cdot\Theta_i(s) \end{aligned} \tag{5}$$

ここに

$$Y_{ii}(s) = -\frac{A(s)}{B(s)} \qquad Y_{ij}(s) = Y_{ji}(s) = -\frac{1}{B(s)} \qquad Y_{jj}(s) = -\frac{D(s)}{B(s)}$$

$\Theta(s)$, $H(s)$ は気温と流入熱量のラプラス変換の対応関係であり， $Y(s)$, 或いは $A(s)\sim D(s)$ は壁体固有の関数である。なお外壁の場合は式中の隣室温度の代りに外気温度をとればよい。いま Fig. 1 の如く空気層を含まない k 層壁において一般に $A(s)\sim D(s)$ は次の如く与えられる。但し式中の $a_\nu(s)\sim d_\nu(s)$ は夫々の層材料の熱的特性で決まる関数である。

$$\begin{Vmatrix} A(s) & B(s) \\ C(s) & D(s) \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 1 & -\dfrac{1}{\alpha_j} \\ 0 & 1 \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} a_k(s) & b_k(s) \\ c_k(s) & d_k(s) \end{Vmatrix} \cdots \begin{Vmatrix} a_1(s) & b_1(s) \\ c_1(s) & d_1(s) \end{Vmatrix} \begin{Vmatrix} 1 & -\dfrac{1}{\alpha_i} \\ 0 & 1 \end{Vmatrix} \tag{6}$$

ここに

$$a_\nu(s) = d_\nu(s) = \cosh\left(\frac{l_\nu}{\sqrt{\kappa_\nu}}\sqrt{s}\right)$$

$$b_\nu(s) = -\frac{\sqrt{\kappa_\nu}}{\lambda_\nu\sqrt{s}}\sinh\left(\frac{l_\nu}{\sqrt{\kappa_\nu}}\sqrt{s}\right)$$

$$c_\nu(s) = -\frac{\lambda_\nu\sqrt{s}}{\sqrt{\kappa_\nu}}\sinh\left(\frac{l_\nu}{\sqrt{\kappa_\nu}}\sqrt{s}\right)$$

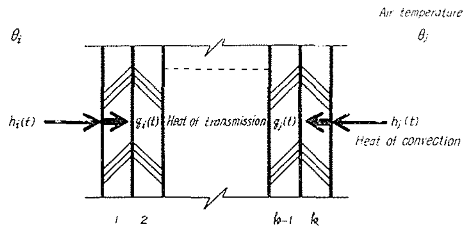

Fig. 1. Heat flow through a wall of many materials

3·4 室温変動の基本式

放射を考えない場合，暖房によって形成される室温或いは所要の室温を形成するための暖房の基本式を導く。室を構成する壁，床，天井等は平面壁と考えられるので，(1) 式に (5) 式の関係を代入して像空間での熱収支を求めると，

$$\begin{aligned} W_i(s) = {} & sc_i\Theta_i(s) + \sum^{j}\sigma v_{ij}\left\{\Theta_i(s)-\Theta_j(s)\right\} + \sigma v_{i0}\left\{\Theta_i(s)-\Theta_0(s)\right\} + \sum^{n\cdot j}F_{nj}\left\{{}_{nj}Y_{ii}(s)\cdot\Theta_i(s)\right. \\ & \left. - {}_{nj}Y_{ij}(s)\cdot\Theta_j(s)\right\} + \sum^{n0}F_{n0}\left\{{}_{n0}Y_{ii}(s)\cdot\Theta_i(s) - {}_{n0}Y_{i0}(s)\cdot\Theta_0(s)\right\} \end{aligned} \tag{7}$$

となる。但し初期条件は全て 0°C とする。上式を熱源に関する項とそれによって形成される項に区別して整理すると，

$$W_i(s) + \Psi_{i0}(s)\cdot\Theta_0(s) = \Psi_{ii}(s)\cdot\Theta_i(s) + \sum^{j}\Psi_{ij}(s)\cdot\Theta_j(s) \tag{8}$$

ここに

$$\Psi_{i0}(s)=\sigma v_{i0}+\sum^{n0}F_{n0}\cdot{}_{n0}Y_{i0}(s)$$
$$\Psi_{ii}(s)=\sigma v_{i}+\sum^{n}F_{n}\cdot{}_{n}Y_{ii}(s)+sc_i$$
$$\Psi_{ij}(s)=-\sigma v_{ij}-\sum_{j}^{n}F_{nj}\cdot{}_{nj}Y_{ij}(s)$$

で表わされる。$\Psi(s)$ は室の構成，換気量等によって定まる系関数であり，室温変動の基本をなすものである。(8) 式の左辺の第2項は室温を 0°C に維持した時，外気の変動によって室内へ流入する熱量であり，外気の相当暖房量である。なお，$\sum_{j}^{n}$ とあるのは j 隣室の間仕切壁の総和を示す。

さて，多数室の室温が全区間にわたって指定されている場合指定温度を実現するに必要な暖房熱量は $\Psi(s)$ が既知であれば (8) 式を逆変換して直接求めることが出来る。但し所要室温が或る時刻で不連続になる場合には，その時刻に瞬間的な熱を与える必要がある。

次に夫々の室で任意の暖房が行なわれている時，暖房によって形成される室温を求める。(8) 式の連立方程式を室温について解くと次の如く表わされる。但し室数を m 個とする。

$$\Theta_i(s)=\frac{\Delta_{1i}}{\Delta}\left\{W_1(s)+\Psi_{10}(s)\cdot\Theta_0(s)\right\}+\frac{\Delta_{2i}}{\Delta}\left\{W_2(s)+\Psi_{20}(s)\cdot\Theta_0(s)\right\}$$
$$+\cdots\cdots+\frac{\Delta_{mi}}{\Delta}\left\{W_m(s)+\Psi_{m0}(s)\cdot\Theta_0(s)\right\} \qquad (9)$$

ここに

$$\Delta=\begin{vmatrix}\Psi_{11}(s) & \Psi_{12}(s) & \cdots\cdots & \Psi_{1m}(s)\\ \Psi_{21}(s) & \Psi_{22}(s) & \cdots\cdots & \Psi_{2m}(s)\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ \vdots & \vdots & & \vdots\\ \Psi_{m1}(s) & \Psi_{m2}(s) & \cdots\cdots & \Psi_{mm}(s)\end{vmatrix}$$

$$\begin{array}{cc} & i\text{ 列}\\ \Delta_{ki}= & \begin{vmatrix}\Psi_{11}(s) & \Psi_{12}(s) & \cdots 0 \cdots & \Psi_{1m}(s)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \Psi_{21}(s) & \Psi_{22}(s) & \cdots 0 \cdots & \Psi_{2m}(s)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \cdots & \cdots & 1 & \cdots\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \Psi_{m1}(s) & \Psi_{m2}(s) & \cdots 0 \cdots & \Psi_{mm}(s)\end{vmatrix}\ k\text{ 行}\end{array}$$

Δ_{ki} は k 行 i 列に関する余因子である。行列のパラメータ $\Psi_{ki}(s)$ は i 室と k 室が隣り合っていない時には0とおく。(9) 式の $\Psi_{k0}(s)$ は k 室の外壁に対するものであり外気温度との積は所謂相当暖房量である。外壁が無い場合には0とする。Δ_{ki}/Δ の逆変換は k 室暖房に関する i 室の室温の重み関数であり，暖房に関する i 室温の重み関数は室の数だけ存在する。実際の室温を求めるには (9) 式をラプラス逆変換しなければならない。

いま隣室の無い全てが外界に面している単室の暖房と室温を考えると，(8) 式より

$$W_i(s) = \Psi_{ii}(s)\cdot\Theta_i(s) - \Psi_{i0}(s)\cdot\Theta_{i0}(s) \tag{10}$$

$$\Theta_i(s) = \Phi_{ii}(s)\,W_i(s) + \Phi_{i0}(s)\,\Theta_0(s) \tag{11}$$

ここに

$$\Phi_{ii}(s) = \frac{1}{\Psi_{ii}(s)} \qquad \Phi_{i0}(s) = \frac{\Psi_{i\cdot 0}(s)}{\Psi_{i\cdot i}(s)}$$

となる。$\Phi(s)$ のラプラス逆変換形を $\varphi(t)$ とすると (11) 式は

$$\theta_i(t) = \int_0^t \varphi_{ii}(\tau)\cdot w_i(t-\tau)\,d\tau + \int_0^t \varphi_{i0}(\tau)\,\theta_0(t-\tau)\,d\tau \tag{12}$$

と表わされる。$\varphi_{ii}(t)$ は，単室の暖房に関する室温の重み関数，$\varphi_{i0}(t)$ は外気温に関する室温の重み関数である[5]。いま隣室を有する室において，全ての隣室の温度が何かの原因で温度源であるか或いは常に一定例えば 0°C を保つかする場合には，単室として取り扱うことが可能である。その室温と暖房熱量は (10), (11) 式の外気温度の代りに隣室温度を用いればよい。今後単室と云えば此の様な状態をも含めることにする。

暖房によって形成される室温或いは所要室温を与える暖房熱量は，多数室において (8), (9) 式，単室において (10), (11) 式で与えられることを述べた。実際の室温或いは暖房熱量はこれ等の式をラプラス逆変換することによって求められる。

4. 室温形成の逐次解法

4·1 室温形成の逐次解法

暖房によって形成される多数室の室温は放射を考えない場合 (9) 式で与えられるが，室の構成によって定まる系関数，或いはそのラプラス逆変換形は非常に複雑なもので，余程単純なモデルでない限り解くことは難しい。本節ではそれを比較的容易に得られる解を基にして逐次求めていこうとするものである。解法は所謂弛緩法であり，単室の室温形成を基本にして多数室の形成室温を導いていくものである。

一室だけが暖房されている場合について説明する。暖房が一室だけでなく多数の室で行なわれている場合には，夫々の暖房によって形成される室温を求め重ね合せればよい。

また外気は相当暖房量を考えることによって暖房と同じように取扱い得る。従って一室暖房を考える時には外気温度は 0°C に固定する。

まず熱源を有する採暖室の第 1 回目の温度として，採暖室の隣室気温が全て 0°C である時に形成される温度を求める。即ち隣室気温を 0°C に拘束して採暖室を単室に扱い，比較的容易に得られる単室の温度計算を行なう。次に隣室を 0°C に拘束する為に与えた冷却熱量を除去しなければならない。即ち拘束熱量に相当する暖房が夫々の隣室で行なわれる必要がある。第 1 回目の隣室温度はその暖房によって形成される温度として与えられる。但し計算に際し再び隣室周囲の気温を 0°C に拘束する。即ち隣室を単室に扱い温度計算を行なう。次に周囲室を

0°C に拘束する為に加えた熱量を再び除去しなければならない。夫々の室の第2回目の温度はこの解除熱量によって形成される温度として与えられる。此の様にして拘束熱量がほぼ0になるまで繰返して計算を行なう。各室の温度は夫々の計算過程で得られた値を加え合せたものである。逐次計算の手順を列記する。

i) 採暖室の温度を求める。但し，隣室の気温は全て0°C であるとする。

ii) 隣室が0°C を保つに必要な拘束熱量を求める。

iii) 隣室毎に拘束熱量を解除し，その熱量によって形成される温度を求める。
但し周囲室の気温は全て0°C であるとする。

iv) 周囲室が0°C を保つに必要な拘束熱量を求める。

v) 周囲室毎に拘束熱量を解除し，その熱量によって形成される温度を求める。但し再び周囲室の気温は全て0°C であるとする。

vi) 周囲室が0°C を保つに必要な拘束熱量を求める。

拘束熱量が殆んど0になるまで繰返し計算し，各室の温度は夫々の計算過程で得られた値の総和として与えられる。

一般に多数室の特定な室の室温形成は，全ての室の熱的特性及び暖房の状態に影響される。しかし，その影響の度合は特定な室の近傍程大きいであろう。そして遠く離れた室は殆んど影響しなくなることもある。本解法は室温形成に大きく影響を与える室から出発し，漸次影響の少なくなる方向へ拡張していくので，計算過程で実用上不都合でないと思われる所で適当に打切ることが出来る。従って本解法は，複雑な多数室における特定の室或いは特定な区域の室温を近似的に求める場合に有力な手法である。また既設の建物に室が増築される場合，その増築室によって如何なる影響を受けるかを検討するにも便利な手法である。

逐次計算の回数は，室の系関数によって左右され，拘束熱量の収検性に支配される。

なお，逐次解法の極限は室温の一般解(9)式と同じ式になる。

定常状態についても適用されることは云うまでもない。

4·2 5室モデルの逐次計算

多層建築の基準階平面において日射による方位別の区画を考慮すると，Fig. 2に示す如さ5室平面モデルになる場合が多い。また多層建築では同じ平面が積み重なり，各階は室の形状，材料，構成，暖房等基準階と全く同一条件とみることも出来る。従って上，下階の室温は基準階と同じ変動をすると仮定して一般の隣室と区別する方が便利である。

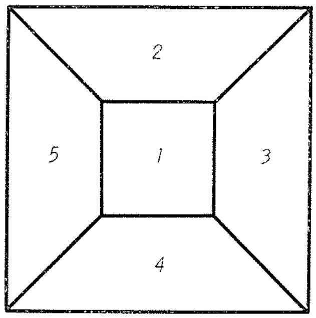

Fig. 2. Model plan of 5-rooms at the building

基準階の基本式(8)式において，上，下の隣室を f，平面の隣室を j で表示し，外気温度を0°C とおくと

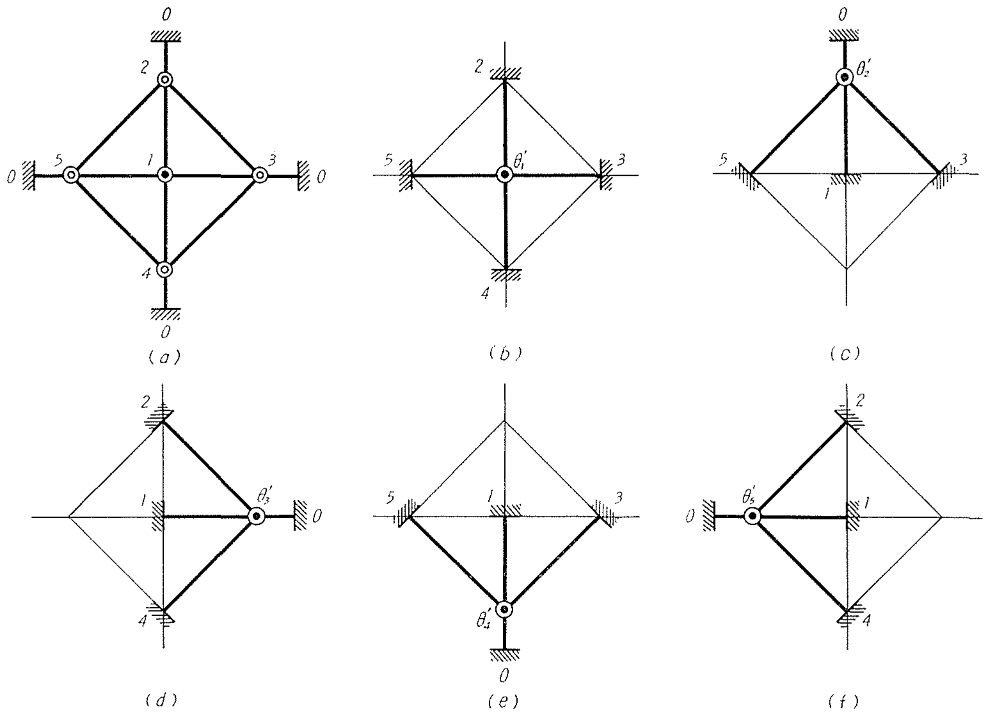

Fig. 3. Diagram of 5-rooms

$$W_i(s)=\Psi_{i\cdot i}(s)\cdot\Theta_i(s)+\sum^{j}\Psi_{i\cdot j}(s)\cdot\Theta_j(s)+\sum^{f}\Psi_{if}(s)\cdot\Theta_f(s) \tag{13}$$

となる。$\Theta_i(s)=\Theta_f(s)$ であるから

$$W_i(s)=\Psi_i(s)\cdot\Theta_i(s)+\sum^{j}\Psi_{i\cdot j}(s)\cdot\Theta_j(s) \tag{14}$$

但し　　$\Psi_i(s)=\Psi_{i\cdot i}(s)+\sum^{f}\Psi_{i\cdot f}(s)$

となり，上，下階の間仕切の系関数 $\sum^{f}\Psi_{i\cdot f}(s)$ を単室の系関数 $\Psi_i(s)$ に加える。

さて多数室の構成を表現するのに室は節点で，室と室の連結状態は節点間の結線で，0°C の固定状態は斜線で，採暖室は黒節点で，全く同じ温度変動をする隣室を持つ室は二重節点で表わすと5室モデルは Fig. 3–a の如くなる。初め全ての温度が 0°C で中央の1室において $t>0$ から $W_1(s)$ なる暖房が行なわれるものとして室温を求める手順を示す。但し夫々の室の $\Psi(s)$ と $\Phi(s)$ は既知であるとする。計算に際し温度熱流等の関数を大文字のみで表示する。

i)　採暖室の室温計算 (Fig. 3–b)

$$\Theta_1'=\Phi_1\cdot W_1$$

ii)　隣室の拘束熱量の計算 (Fig. 3–b)

$$W_2'=\Psi_{21}\,\Theta_1' \qquad W_3'=\Psi_{31}\,\Theta_1' \qquad W_4'=\Psi_{41}\,\Theta_1' \qquad W_5'=\Psi_{51}\,\Theta_1'$$

iii) 隣室の室温計算 (Fig. 3-c～3-f)

$$\Theta_2'=-\Phi_2 W_2' \qquad \Theta_3'=-\Phi_3 W_3' \qquad \Theta_4'=-\Phi_4 W_4' \qquad \Theta_5'=-\Phi_5 W_5'$$

iv) 周囲室の拘束熱量の計算 (Fig. 3-c～3-f)

$$W_1''=\Psi_{12}\,\Theta_2'+\Psi_{13}\,\Theta_3'+\Psi_{14}\,\Theta_4'+\Psi_{15}\,\Theta_5'$$
$$W_2''=\Psi_{23}\,\Theta_3'+\Psi_{25}\,\Theta_5' \qquad W_3''=\Psi_{32}\,\Theta_2'+\Psi_{34}\,\Theta_4'$$
$$W_4''=\Psi_{43}\,\Theta_3'+\Psi_{45}\,\Theta_5' \qquad W_5''=\Psi_{52}\,\Theta_2'+\Psi_{54}\,\Theta_4'$$

v) 周囲室の室温計算

$$\Theta_1''=-\Phi_1 W_1'' \qquad \Theta_2''=-\Phi_2 W_2'' \qquad \Theta_3''=-\Phi_3 W_3'' \qquad \Theta_4''=-\Phi_4 W_4''$$
$$\Theta_5''=-\Psi_5 W_5''$$

vi) 再び周囲室の拘束熱量の計算

各室の室温は

$$\left.\begin{aligned}
\Theta_1&=\Theta_1'+\Theta_1''+\Theta_1'''+\cdots\\
\Theta_2&=\Theta_2'+\Theta_2''+\Theta_2'''+\cdots\\
\Theta_3&=\Theta_3'+\Theta_3''+\Theta_3'''+\cdots\\
\Theta_4&=\Theta_4'+\Theta_4''+\Theta_4'''+\cdots\\
\Theta_5&=\Theta_5'+\Theta_5''+\Theta_5'''+\cdots
\end{aligned}\right\} \tag{15}$$

となる。実際の室温は(15)式を時間 t に関しラプラス逆変換することによって得られる。

5. 結 言

多数室における暖房と室温の関係及びその逐次解法について述べた。暖房によって形成される室温或いは所要室温を形成するための暖房熱量は，像空間において，(8)式(9)式で表わすことが出来る。式中の $\Psi(s)$ は室の構成，換気量等によって定まる系関数であり，ある仮定事項のもとで熱伝導論的に誘導されるものである。従って室温及び所要暖房量はこれらを解いて時間 t の関係に逆変換すればよい。しかし多数室においては室温と暖房を記述する系関数は非常に複雑になるので，単室の室温形成をもとにして，多数室の室温を逐次求めていく所謂逐次解法は実用計算として有力であり，又複雑な多数室の特定な室又は特定な区域の室温を近似的に求めるにも便利な手法である。

引 用 文 献

1) 長谷川房雄： 日本建築学会論文報告集. 64 (昭35), p. 92.
2) 高橋利衛： 自動制御の数学. (昭 36), p. 22, オーム社.
3) 前田敏雄： 建築学大系. 8 (昭 32), p. 325, 彰国社.
4) 長谷川房雄： 日本建築学会論文報告集 61； (昭 34), 尾崎弘・黒田一之： 回路網理論 I (昭 41), p. 162, 共立全書.
5) 文献 1), p. 95.