

熱伝達率および換気が周期的に変化する場合の間欠空調問題の離散フーリエ変換による解法について

正会員 松下敬幸* 正会員 吉田治典*
正会員 寺井俊夫**

§ 1 序

間欠空調を行なう場合、非空調時には換気は停止され、内部の熱伝達率も減少する。また外部の熱伝達率も風速により変化し、日射による等価気温も変化する。従って、これらの変動を考慮して室温および供給熱量を求める必要がある。ここでは周期的定常の場合を対象とし、外気温・SAT・熱伝達率および換気が周期的に変動する場合の間欠空調時の室温および供給熱量を求めるために、離散フーリエ変換を用いた解法について述べる。

定係数系の間欠空調の問題は多く取扱われている¹⁾。時変系の取扱いは、差分法²⁾、遷移行列によるもの³⁾⁴⁾、またフーリエ級数と重み関数によるもの⁴⁾、換気のみが時間的に変化する場合には実用的計算法等⁵⁾がある。ここでは壁体の重み関数を用いず、周期的暖房の重み係数を用いる方法と、周波数領域で室温と供給熱量のフーリエ係数を求める方法を示す。

§ 2 本論文の計算手法の位置づけ

間欠空調時の室温および供給熱量を求める手順としては、大別して室の暖房の重み関数を用いる方法と用いない方法とがある。前者の方法は一般に定係数系での取扱いが行なわれており、時変系の場合については重み関数を示したものはない。ここでは時変系の間欠空調時について、(1)周期的暖房の重み係数を求めた後、室温と供給熱量を求める方法と、(2)周波数領域で室温と供給熱量のフーリエ係数を求めた後、時間領域に変換する方法について述べる。

以下においては、離散複素フーリエ変換表現を用いる。複素表現を用いれば、フーリエ係数および周波数応答が複素関数で与えられ、入力 of フーリエ係数に周波数応答を乗じて出力のフーリエ成分が得られ、表現を簡単にする利点がある。

離散フーリエ変換は、

$$\left. \begin{aligned} \theta^j &= \sum_{k=0}^{2N-1} \theta^k e^{i \frac{\pi}{N} j k} \quad j=0,1,\dots,2N-1 \\ \theta^k &= \frac{1}{2N} \sum_{j=0}^{2N-1} \theta^j e^{-i \frac{\pi}{N} j k} \quad k=0,1,\dots,2N-1 \end{aligned} \right\} (1)$$

と表わせる。これをベクトル($\{\}$ で示す)と行列($[]$

で示す)とを用い次式のごとく表わす。

$$\left. \begin{aligned} \{\theta\} &= [F]^{-1} \{\theta\} \\ \{\theta\} &= [F] \{\theta\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

§ 3. 熱伝達率が周期的に変化する時の壁体の熱流

3-1 外壁の熱流

伝達層を除いた多層壁体の伝達行列は次式で与えられる。

$$\left[\begin{array}{c} \theta_1 \\ Q_1 \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} A & B \\ C & D \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \theta_2 \\ Q_2 \end{array} \right] \dots\dots\dots (3)$$

一方、伝達層に対しては

$$\left. \begin{aligned} \theta_0(t) &= \theta_1(t) + r_0(t) q_1(t) \\ \theta_2(t) &= \theta_i(t) + r_i(t) q_2(t) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

が成立するから、これにフーリエ変換を施すと

$$\left. \begin{aligned} \theta_0 &= \theta_1 + R_0 * Q_1 \\ \theta_2 &= \theta_i + R_i * Q_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

となる。(3)式と(5)式から θ_1 と θ_2 を消去して次式を得る。

$$\theta_0 = A(\theta_i + R_i * Q_2) + BQ_2 + R_0 * \{C(\theta_i + R_i * Q_2) + DQ_2\} \dots\dots\dots (6)$$

従って、外気温 θ_0 が変化し、室温 θ_i が0のとき室に流入する熱流 Q_2 についての関係式は

$$\theta_0 = A(R_i * Q_2) + BQ_2 + R_0 * \{C(R_i * Q_2)\} + R_0 * (DQ_2) \dots\dots\dots (7)$$

となり、室温 θ_i が変化し、外気温 θ_0 が0のとき室から流出する熱流 \tilde{Q}_2 についての関係式は

$$\{A\theta_i + R_0 * (C\theta_i)\} = A(R_i * \tilde{Q}_2) + BQ_2 + R_0 * \{C(R_i * \tilde{Q}_2)\} + R_0 * (DQ_2) \dots\dots\dots (8)$$

となる。

3-2 間仕切壁の熱流

間仕切は対称な構造を持ち、両側の室が同じ変化をするものとする。室温 θ_i が変化したとき、室から流出する熱流 \hat{Q}_2 についての関係式は次式となる。

$$0 = C'(\theta_i - R_i * \hat{Q}_2) - D'\hat{Q}_2 \dots\dots\dots (9)$$

3-3 熱伝達率が周期的に変化する時の壁体の熱流

周期Tの周期関数のスペクトルは δ 関数列で表わされる。いま、周波数をfで表わし、

$$\left. \begin{aligned} X(f) &= \sum_{k=0}^{2N-1} X_k \delta(f - \frac{k}{T}) \\ Y(f) &= \sum_{n=0}^{2N-1} Y_n \delta(f - \frac{n}{T}) \end{aligned} \right\}$$

とすると、 $X * Y$ は、