

図1. 計算プログラムの体系

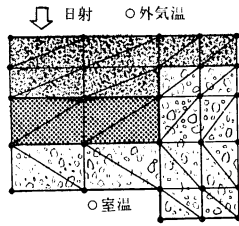


図2. 異形壁有限要素モデル

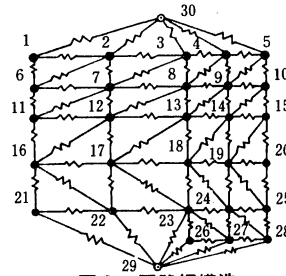


図3. 回路網構造

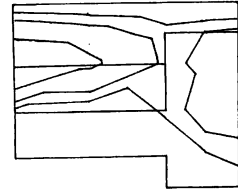


図4. 温度分布等温線

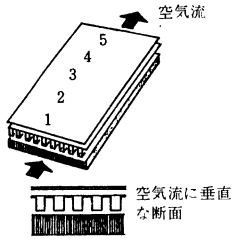


図5. 空気式太陽熱集熱器

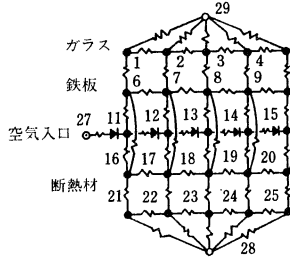


図6. 回路網モデル

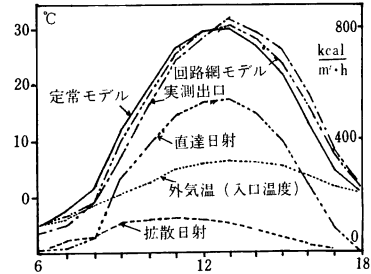


図7. 実測値と計算結果

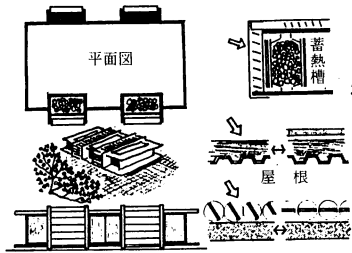


図8. プッシュソーラーハウス

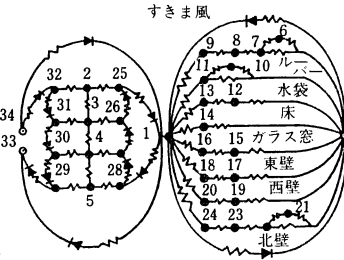


図9. 回路網モデル

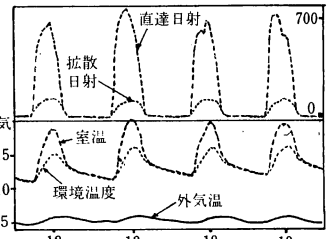


図10. 計算結果

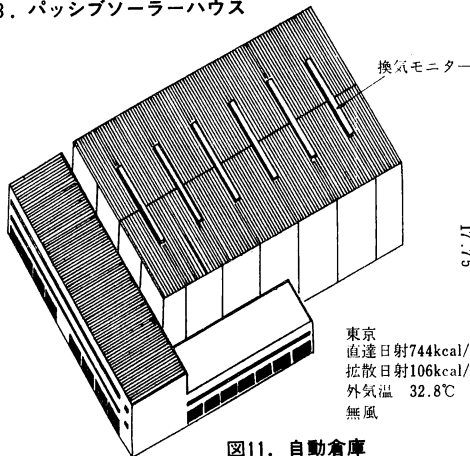


図11. 自動倉庫

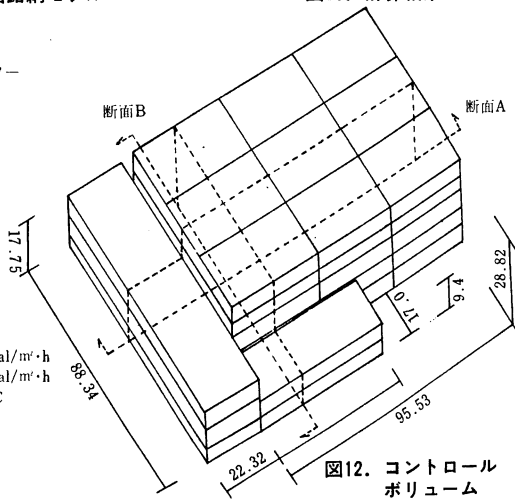


図12. コントロールボリューム

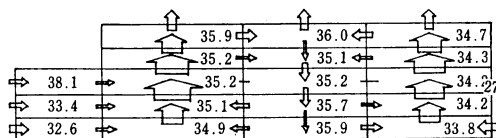


図13. 断面Aの風量分布と温度

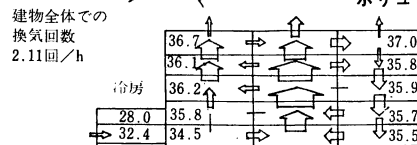


図14. 断面Bの風量分布と温度

3. 換気系計算の基本的考え方

建物の換気系が水道管網や坑内通気と大きく異なる特徴は、¹⁾

(1)室はそれぞれ天井高さを持つことから、ある2つの室内圧の圧力節点間にしても通気路は複数あり、別々に扱わねばならず、また圧力節点数に比べ枝数が非常に多いこと、(2)通気路はそれぞれ異なる抵抗指数を持つこと、(3)自然換気と機械換気の駆動力が同時に作用すること、などである。従って単純に他分野の成果³⁾²⁾は流用できない。そこで本計算法で提示したのは、(i)建物の換気系の特徴を生かした圧力仮定法にもとづく、アルゴリズムに直結した換気回路網の定式化法⁵⁾(j)機械換気をも一般的に扱う全圧節点の概念、⁵⁾(k)連成をとり安定性の良い多元の改良ニュートン法、⁵⁾(l)熱系と換気系の相互作用のアルゴリズムに直結した定式化、などである。既報⁵⁾の定式化をよりプログラミングに直結した形で再度記述する。まず各セルの底面での室内圧節点のレベルを $\ell(i)$ として定義する。 n_v を総セル数とすれば $i = n_v + 1$ は外気基準面を表わす。各通気路のレベルを $h(k)$ 、総通気路数を n_k とする。使用者は通気路の方向性を i 側、 j 側で定義し、それぞれの側の圧力節点番号を $n_i(k)$ 、 $n_j(k)$ と与える。またそれぞれの側から作用する風圧を $w_i(k)$ 、 $w_j(k)$ 、送風機全圧を $y_i(k)$ 、 $y_j(k)$ とする。 k 番通気路の風量を $q(k)$ として、 y_i 、 y_j はその3次関数となっている。室内圧を $p(i)$ 、密度を $\rho(i)$ とすれば k 番通気路について、それぞれの側の全圧 p_i 、 p_j は(3)、(4)式、風量との関係式は(5)式となる。

$$p_i = p(n_i(k)) - (h(k) - \ell(n_i(k))) \cdot \rho(n_i(k)) \cdot g + w_i(k) + y_i(k) \dots (3)$$

$$p_j = p(n_j(k)) - (h(k) - \ell(n_j(k))) \cdot \rho(n_j(k)) \cdot g + w_j(k) + y_j(k) \dots (4)$$

$$\|p_i - p_j\| = \zeta(k) \frac{\rho(k)}{2} \left(\frac{q(k)}{a(k)} \right)^{7(k)} \dots (5)$$

送風機が付いていない通気路については風上側 $\sigma_u(k)$ 、風下側 $\sigma_d(k)$ の節点番号関数を、 $p_i - p_j \geq 0$ ならば $\sigma_u(k) \leftarrow n_i(k)$ 、 $\sigma_d(k) \leftarrow n_j(k)$ で、 $p_i - p_j < 0$ ならば $\sigma_u(k) \leftarrow n_j(k)$ 、 $\sigma_d(k) \leftarrow n_i(k)$ として作る。同時に(5)式から $q(k)$ を計算する。送風機が付いていれば(3)あるいは(4)式は $q(k)$ についての3次方程式となる。まず正常送風方向での解を解析的に求め、根の吟味を行い、全根が不合理であれば逆流とみなした方程式を解きなおす。 $\sigma_u(k)$ と $\sigma_d(k)$ への代入も流れ方向に応じて行う。こうしてある i 番セルの風量残差 $v(i)$ は次式で計算される。

$$v(i) = \sum_{k=1}^{n_k} \delta(i, \sigma_d(k)) \cdot q(k) - \sum_{k=1}^{n_k} \delta(i, \sigma_u(k)) \cdot q(k) \left(\begin{array}{l} i = 1, \dots, n_v \\ \delta(i, j) \text{はクロネッカーデルタ} \end{array} \right) \dots (6)^*$$

仮定の圧力ベクトルから全セルの残差計算の過程はサブルーチン化しておき、これでヤコビアンマトリクス⁵⁾は容易に作製される。ただし数値微分は中央差分で行い、その圧力増分と減少は(10万分の2)/2 Pa ずつである。また圧力修正ベクトルに緩和係数を乗じ振動を防止する。

4. プログラム体系と適用事例

計算プログラムの体系を図1に示す。集中定数化によるシステムパラメータ⁴⁾は3種類の方法で作ることが出来、サブシステムをそれぞれ異なった方法で作っても、連成理論⁶⁾によって接続することが可能である。状態方程式の時間積分も3種の方法で任意に行うことが出来る。ただし定常状態の計算にはマトリクス M を0にセットして後退差分の時間積分を1回行う。換気系の計算も伴う場合には、節点番号の対応データにもとづいて熱系との連成を行う。適用事例は図2～14に示す。特に図11～14の例では、熱系と換気系を連成して解いた。これは外気が無風で、日射の影響だけで自然換気が起きている状態である。

〔参考文献〕 1) 石原正雄「建築換気設計」朝倉書店、P.151 2) Don T. Phillips, Alberto Garcia-Diaz "Fundamentals of Network Analysis" Prentice-Hall, Inc., ISBN 0-13-341552-X, P.12 3) 佐藤芳彦「等圧配水制御に関する研究」水道協会雑誌、第466号、昭和46年11月、P.7 4) 奥山博康「熱回路網によるシミュレーションの理論と応用」空調学会・学術講演論文集、'83年10月 P.541 5) 奥山「換気回路網によるシミュレーションの理論と応用」同上、'83年10月、P.545 6) 奥山「空調システムシミュレーションの理論とアルゴリズム」'82年10月、P.461 7) 奥山「熱回路網数値解析法による自然空調に関する研究」建築学会大会学術講演梗概集、昭和51年10月、P.333 8) 奥山、木村「建築物の熱回路系における推移行列と射影分解による時間数値積分公式」建築学会論文報告集、第269号、昭和53年7月、P.127 9) 藤井晴行、他、「有限要素法による熱伝導数値計算におけるシステム濃縮の新しい展開」空調学会・学術講演論文集、'84年10月

*脚注、効率よいアルゴリズムとしては、FOR $k=1$ TO n_k : $v(\sigma_d(k)) = v(\sigma_d(k)) + q(k)$: $v(\sigma_u(k)) = v(\sigma_u(k)) - q(k)$: NEXT k 、とする。