

## 熱・換気回路網計算プログラム NETS の開発 (その2) プリ・ポスト処理システムの概要

正会員○奥山博康(清水建設) 正会員 川島 実(清水建設)  
 正会員 藤井晴行(清水建設) 正会員 中村卓司(清水建設)  
 学生会員 谷川朗子(早稲田大学)

### 1. はじめに

建築伝熱・換気システム・シミュレーション・プログラム NETS は、汎用性とモデル化の自由度において優れており、設計者のアイデアを自由にモデル化して検討することができる反面、計算モデルデータを作成するのが煩雑であった。そこでお絵かき感覚でモデル作成を行うプリ処理システム NETSGEN と、計算結果の図形処理システム NETSOUT を開発中である。本論文ではその概要を報告する。

### 2. 熱・換気回路網計算プログラム NETS

伝熱の数学モデルでは、あらゆる熱移動形態を一般化熱コンダクタンスと呼ぶ種類の伝熱係数で表示し、熱収支式は空間次元や形に拘束されない完全連結システムと呼ぶ節点方程式[1]を定義している。これは既に全ての伝熱系を表現しているの、計算プログラムは完全な汎用性を持つことになる。時間積分法は無条件安定[1]で実用的な完全陰伏解法の他に射影分解による解析的厳密解法[1]も用意している。

多数室換気モデルでは、全ての換気系をゾーンと流路の集合体にモデル化する全圧節点系の考え方で汎用性を達成している。そして全圧に関する非線形連立方程式を修正ニュートンラプソンと呼ぶ方法[1]で安定・迅速に解いている。

駆動条件としては、気象条件の他、人為と条件と呼ぶ各種の入力値を自在に変化させることができる。またモード変化と呼ぶモデルの構造的な変化を、フィードバック制御(線形制御と PID 制御)やスケジュール制御で実施していくことができる。ここに PID 制御の

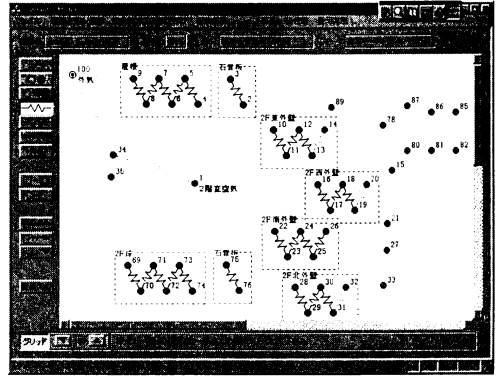


図 1 熱回路網モデルの作成

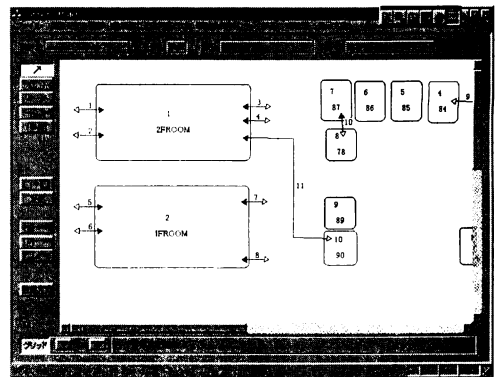


図 2 換気回路網モデルの作成

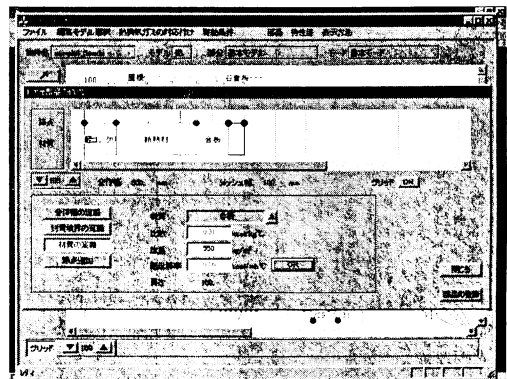


図 3 壁の一次元有限要素法モデル作成

Development of building heat and airflow system simulation program NETS  
 Part2 Outline of pre/post-processing system NETSGEN and NETSOUT

OKUYAMA Hiroyasu et al.

効用は、制御のための状態値測定から制御操作の実行まで、時間積分間隔の遅れがあることによる不都合を解消することと、操作量と制御量の関数関係が未知である場合に対処することなどである。

### 3. プリ処理システム NETSGEN

NETSGEN のモデル作成では、CAD の図を下敷きにしてモデルの構造を描いていくことができる。また頻繁に用いられる類型的な部分は部品としてライブラリ登録し作業効率を高めることもできる。

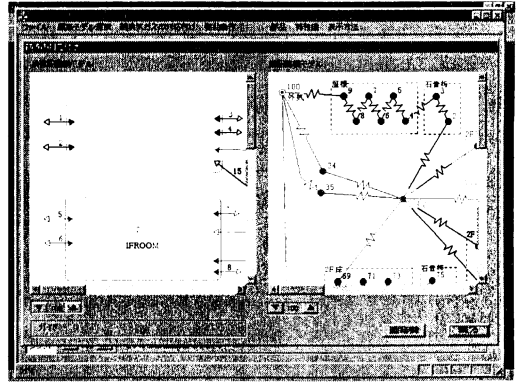


図 4 熱と換気の節点番号対応付け

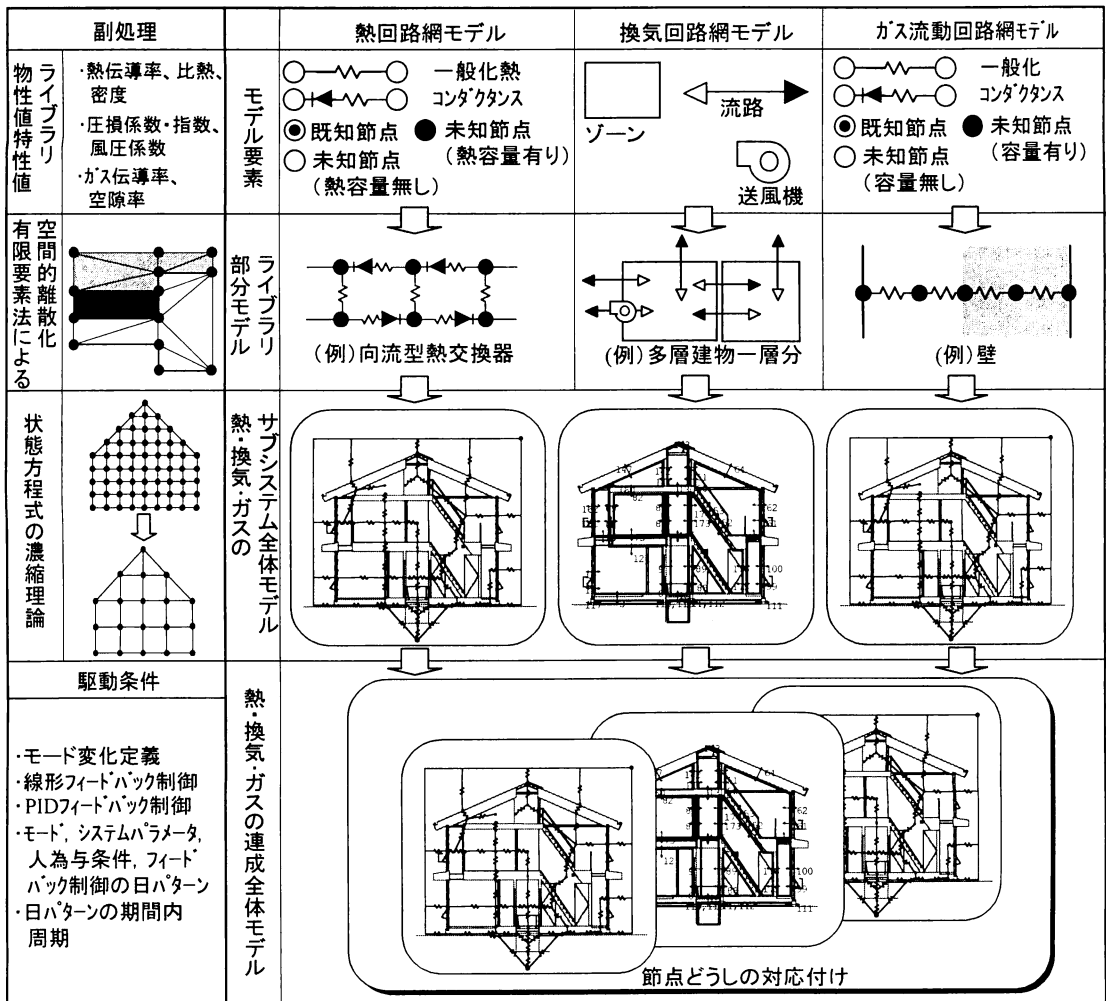


図 5 熱・換気回路網モデル作成プログラム NETSGEN の概要

NETS の伝熱の数学モデルは有限要素法 (FEM) モデルと互換性 [1] を持つので、有限体積法のモデルに、FEM モデルも取り込んで融合できる。また経済的モデルとするために、状態方程式の濃縮法 [1] により、空間離散化誤差を最小限に押さえながらも、実質的な節点数を減らすことができる。

換気回路網でも部品ライブラリ機能がある。送風機は任意の流路に取り付けることができる。伝熱・換気のモデル構造が描かれた後に、節点、一般化熱コンダクタンス、ゾーンや流路等のモデル要素をクリックして、ダイアログを開き、数値的な定義を行う。

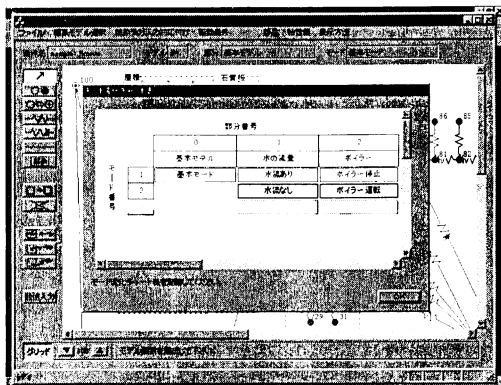


図 6 モード変化チャート表定義

		全体モデルの運転状況							
各部分のモード状態	部分番号	0	1	2	3	4	5	6	部分とは空間的な意味だけではなく、一般にモデル構成要素の全体集合に対する部分集合も意味する。
	モード番号	1	1	3	1	1	2	1	
制御則の実行状態	制御則番号	1	2	3	4	5	6	7	制御則とは、任意の感知量による任意の操作量までの演算手続きを意味し、モード番号も操作量の一つとなる。
	ON/OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	
		熱回路網モデル	換気回路網モデル	ガス流動回路網モデル					
状態値の空間分布		<p>温度やPMVの分布</p> <p>等温線</p>	<p>風量の分布とゾーン静圧</p> <p>風量と向き</p> <p>ゾーン底面静圧</p> <p>送風機</p> <p>運転点</p>	<p>ガス濃度の分布</p> <p>等濃度線</p>					
	状態値の時間変化		<p>状態値</p> <p>時間</p> <p>温度変化 PMV変化 熱負荷変化 発熱量変化</p>	<p>状態値</p> <p>時間</p> <p>風量変化 ゾーン静圧変化 送風機風量変化</p>	<p>状態値</p> <p>時間</p> <p>ガス濃度変化 ガス除去量変化 ガス発生量変化</p>				

図 7 ポスト処理システム NETSOUT の概要

モード変化とは計算モデルの構造的な変化を意味するので、基本モデル図に部分的な修正を施してモード変化を定義する。

熱、換気、ガス回路網モデルの節点番号対応付け[1]は、このうちの二者を左右に比較して見られる画面において、直感的に行える。駆動条件の定義も節点番号を気にする必要はなく、該当要素をクリックして定義できる。

#### 4. ポスト処理システム NETSOUT

計算結果は大別して、温度、ガス濃度、室内圧、風量、PMV や熱負荷等の状態値に関する空間分布表示と、これらの状態値の時系列表示に分けられる。またスケジュールによるモード変化やフィードバック制御の実行状況も確認できるようになっている。

状態値の空間分布は、原則的には節点や流路の近傍に数値表示するが、FEM 等の座標系に則った空間分散化モデルの場合には等温線分布表示も行い、またマクロ的モデルの場合にはゾーン毎の色変化等でも表示する。一方状態値の時間変化は横軸が経過時間のグラフで表示するものとし、任意の時間帯の部分をクリックして見ることができる。

#### 5. まとめと今後の課題

設計の段階に応じて自由にモデルの詳細度が調節でき、また計算機負荷も小さい、実用的な道具 NETS の開発状況について述べた。このユーザーインターフェイスの NETSGEN と NETSOUT の開発では、使用感による改良が重要と考え、今後も改良を続けていきたい。

##### 【参考文献】

- [1] 奥山博康, 建築物の熱回路網モデルに関する理論的研究, 博士号学位論文, 1987年12月
- [2] 奥山博康他, 熱・換気回路網計算プログラム NETS の開発 (その1) プリ処理システム NETSGEN の概要, 1998年9月, 建築学会学術講演梗概集

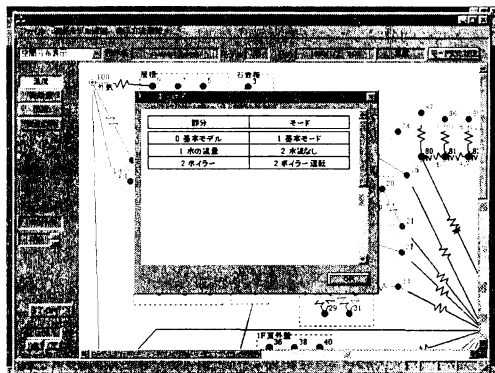


図 8 熱回路網のモード変化表示

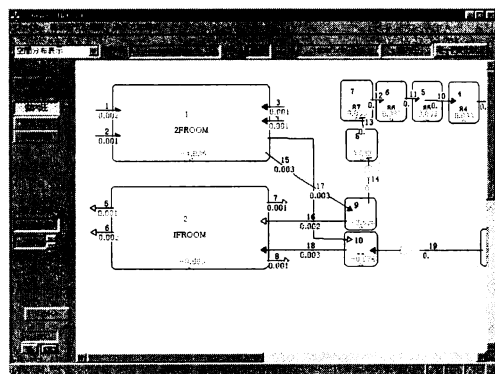


図 9 換気回路網の結果表示

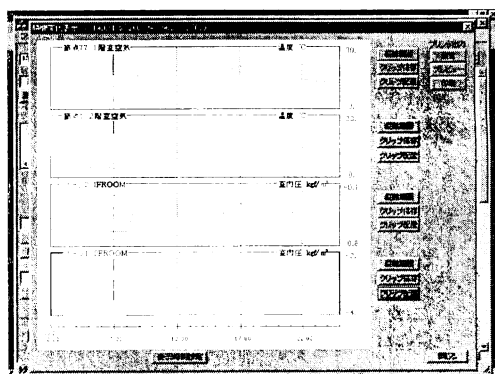


図 10 計算結果の時間変化表示

##### 【謝辞】

本ユーザーインターフェイス開発は、通商産業省「生活価値創造住宅技術開発プロジェクト」の補助を受けて行うことができました。広く試して頂き、今後の改良につなげたいと思います。なお当社・技研の大西由哲氏にも開発に協力頂きました。