

## 熱回路解析用プリプロセッサの開発 FEMモデルから集中定数系モデルへの変換

7V-2

谷口 俊幸, 中島 真一, 中久保 幸  
(株)東芝 総合情報システム部

### 1. はじめに

熱回路解析ソフトウェアは一般的にモデルの作成, 修正が容易に行え、直観的に理解しやすい長所がある。特に、放射が絡んだような系の熱解析においては、モデル化の容易さのためによく利用されている。

しかしながら、有限要素法(FEM)による解析プログラムと比較して、熱回路解析ソフトウェアを使用する場合、回路定数つまり、キャパシタンス(C), コンダクタンス(G)の値をユーザ自身が計算しなければならない煩雑さがあり、熱回路解析ソフトウェア使用上の1つのネックとなっていた。今回、上記の問題点を解決するために、FEMのメッシュ・データから集中定数系回路定数データを自動創成するプリプロセッサを開発したので、以下に報告する。

### 2. システム構成

今回作成したプリプロセッサのシステム構成は、図1に示されるように①FEMメタ・データ作成プログラムと②モデル変換プログラムの2個の独立したプログラムによって構成されており、いずれも対話的に処理を行う。はじめに、FEM用メッシュ・ジェネレータから生成されたCAE共通ファイルを一且、FEMメタ・データに変換し、つぎにモデル変換プログラムで等価なキャパシタンス, コンダクタンスを計算し、熱回路解析ソフトウェアのデータを作成する。但し、別の手順として、既存のFEMデータがあれば、それをFEMメタ・データに変換することにより、モデル変換部だけを使用することが可能である(図中の破線に対応)。また、メッセージ・ファイルには本プリプロセッサで計算された体積, 面積などの情報が書き込まれる。

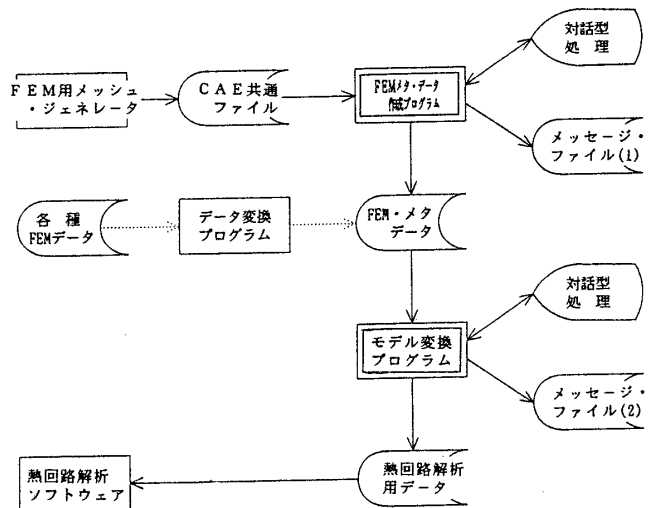


図1 プリプロセッサ構成図

### 3. 機能概要

熱回路解析法は熱流量の保存性に重点を置く手法であり、ある点のまわりのコントロール・ボリューム(保存量の平衡を考える有限の大きさを持つ体積)を考えると、隣りのコントロール・ボリュームとの熱流

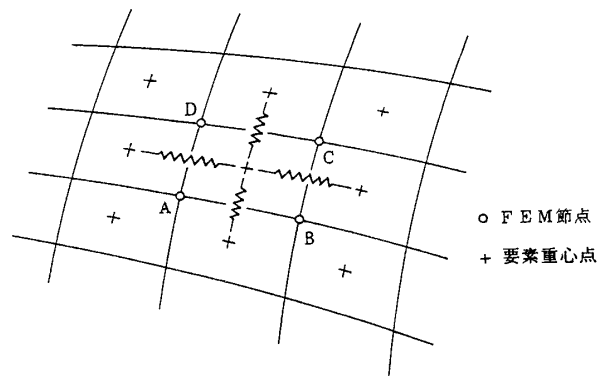


図2 離散化例

が常に平衡を保つような定式化をとる。このような考え方に立ち、コントロール・ボリュームとしてFEMの要素の1つ1つを対応づけると、図2に示すようにコンダクタンスは各要素の共有する面あるいは、断熱以外の境界条件が指定されている面に対して発生することになる。また、キャパシタンスは、このコントロール・ボリュームの代表点（単純化のために、重心点とする）に集中化できる。

なお、当然のことであるが、発生した熱回路解析用のデータは、集中定数系のデータであるため、そのトポロジ的な関係のみが重要となり、形状データは不要になる。本プリプロセッサにおいて使用可能な要素、境界条件は以下のとおりである。

- ・要素タイプ
  - ① 3角形・4辺形2次元要素
  - ② 3角形・4辺形軸対称要素
  - ③ 3角形・4辺形板要素
  - ④ 3角柱要素
  - ⑤ 6面体要素
- ・境界条件
  - ① 断熱境界条件
  - ② 熱伝達境界条件
  - ③ 放射境界条件
  - ④ 熱流束境界条件
  - ⑤ 一定温度境界条件

また、キャパシタンス、コンダクタンスの計算は以下のように行われる。

(a) キャパシタンス

キャパシタンスは通常、体積×密度×比熱で計算される(Diffusion Node)。しかし、境界条件を設定するために面上に設定されるノード(Arithmetic Node)、環境温度を設定するためのノード(Boundary Node)は、キャパシタンスは零である。

(b) コンダクタンス

コンダクタンスは熱の移動形態（熱伝導、熱伝達、放射）に応じて、個々に計算される。

ただし、板要素は、輻射シールド板などのモデル化に使用されることが多く、通常、その肉厚方向の温度勾配が重要になるので、上面、下面に自動的にノードを発生させる。

4. 解析例

図3に示される解析モデルで実行例を示す。①~②①までは要素番号であり、右端の面は境界条件として、熱伝達と放射が指定されている。図3のモデルを本プリプロセッサを通して、G-C ネットワーク・モデルに変換すると、図4に示す様になる。

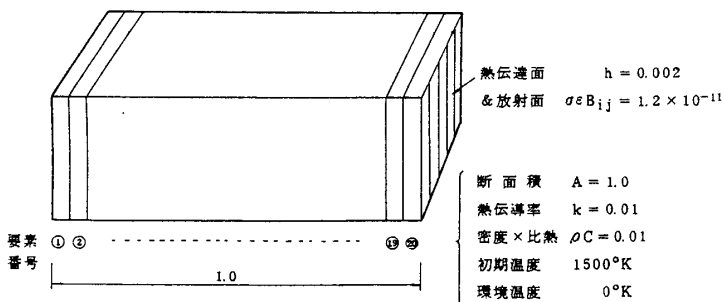


図3 解析モデル

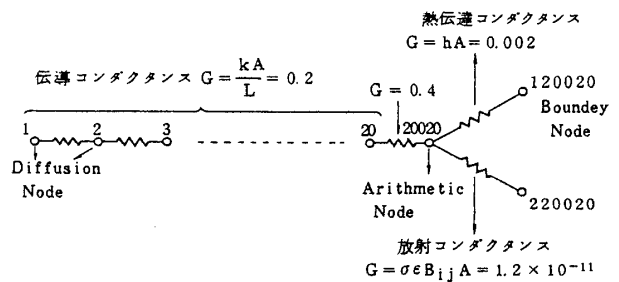


図4 G-C ネットワーク・モデル

5. おわりに

熱回路解析ソフトウェアを使用する場合、必ず分布系より集中定数系への変換を行う必要があり、このとき、キャパシタンス、コンダクタンスを計算する複雑な手続きが必要であった。本プリプロセッサを使用することにより、問題となっていた集中定数系回路定数の計算過程が自動化され、熱回路計算の実用性向上が期待できる。