B106

エクセルによる数値解析プロセスの可視化 —不等間隔格子による定常解析—

富村 寿夫[○] (熊本大学), 小糸 康志 (熊本大学), 鳥居 修一 (熊本大学)
平澤 茂樹 (神戸大学), 奥山 正明 (山形大学)

Visualization of Numerical Analysis Process by Excel Proceedings — Steady-State Analysis Using a Nonuniform Grid —

Toshio TOMIMURA, Yasushi KOITO, Shuichi TORII
Shigeki HIRASAWA, and Masaaki OKUYAMA

ABSTRACT

In the numerical analysis using Excel, each cell can be regarded as a nodal point, and calculations are performed by using equations written in those cells without making any programs. Furthermore, a concrete image or a computation domain corresponding to the physical model can be drawn directly on the spreadsheet, and by doing such classification as coloring boundary and interior cells, writing and debugging are visually conducted with ease. Moreover, the calculated results shown in the computational domain are immediately visualized using the Chart Wizard. In the present study, a method of numerical analysis, which is essential to perform practical calculations, has been shown for one-dimensional steady-state heat conduction problems.

Keywords : Excel, Spreadsheet, Numerical analysis, Nonuniform grid

1. 結 論

エクセル解析では、ワークシート上のセルを格子点と見做し、そのセルに差分化した式を埋め込むことで、プログラムを組むことなく、簡単に反復計算を実行することができる。また、セルの色分けやワークシート分析の機能を有効に組み合わせることで、式の書き込みやデバッグを視覚的に行うことができる。さらに、解析結果は、付属のグラフウィザードを使用することにより、直ちに可視化することができる。

最近、森下¹⁾, Holman²⁾また岩井ら³⁾などにより、エクセルのこのような簡便な表計算機能とグラフィック機

能を利用した実用的な熱流体解析手法の開発や工学分野における教育への応用が試みられている。

著者らは、既報⁴⁾で、不等間隔格子の導入方法について、ふく射加熱をうける1次元平板系の非定常熱伝導問題を例とした検討結果を報告した。しかし、そこでは不等分割した空間座標 x_i そのものではなく座標間の差 Δx_i を導入したため、視覚的に若干わかり難い表示となった。

ここでは、実用的な数値解析を行う上で必要不可欠な、より簡単な不等間隔格子の導入方法について、1次元定常熱伝導問題を例として検討した結果を報告する。

2. 解析対象、基礎方程式および境界条件

2.1 解析対象

Fig. 1 に示すように、厚さ b [m]、熱伝導率 λ [W/(m·K)] の無限平板が単位時間、単位体積あたり Q_v [W/m³] で発熱 (>0) あるいは吸熱 (<0) している場合を考える。平板の左面温度が T_0 [°C]、右面温度が T_b [°C] に保たれている場合の温度分布 $T = T(x)$ を差分法により求める。

2.2 基礎方程式および境界条件

この場合の基礎式と境界条件は、

$$d^2T/dx^2 + Q_v/\lambda = 0 \quad (1)$$

$$x=0 \text{ で } T=T_0, \quad x=b \text{ で } T=T_b \quad (2)$$

Fig. 1 Physical model for 1-D analysis.

Fig. 2 に、1 次元常熱伝導問題の不等間隔格子による計算結果の例を示す。ここで、平板の分割数は $N=10$ であり、不等分割した空間座標は、セル E21~O21 に設定されており、任意に変更可能である。セル E22~O22 に、差分式(3)を用いて得られた解が表示されている。セル E22 は、セル C6 に設定されている左側の壁面温度 T_0 を相対参照している。同様に、セル O22 は、セル C7 に設定されている右側の壁面温度 T_0 を相対参照している。また、セル F22 には、次式、

3. 不等間隔格子による定常解析

$$(5) \quad T = -(\bar{O}^v/\lambda^2)x^2/2 + \left\{(\bar{O}^v/\lambda)^2x^2/2 + T_0 - T_0(x/b)\right\} + T_0$$

で与えられる。
なお、式(1)の境界条件式(2)の下での解析解は次式で与えられる。

$$(3) \quad (\text{不等間隔格子}) \quad \left(\frac{\gamma}{\lambda} \tilde{O}^{\nu} / \lambda \right) (x_i^{1-i} x_j^{i+j}) \Big| \Big\{ \prod_{l=1}^{i-1} I_l(x_i - x_{i-l}) + \prod_{l=1}^{j+i} I_l(x_j - x_{j+l}) \Big\} = I$$

であり，基礎式と境界条件の差分式は，

Fig. 3 Application of worksheet analysis.

Fig. 2 Example of calculated results on 1-D steady-state heat conduction problem

参考文献

- (1) 森下悦生: Excel で学ぶ流体力学, 丸善, (2001).
- (2) Holman, J. P., Heat Transfer (Ninth Edition), McGraw-Hill Higher Education, New York (2002) pp. 621-655.
- (3) 岩井 裕, 大村高弘, 小林健一, 富村寿夫, 羽田光明, 平澤茂樹, 吉田英生 共著: エネルギーとマスのできる熱流体力学のシミュレーション, 丸善, (2005).
- (4) 富村寿夫, 平澤茂樹, 羽田光明: Excel の表計算機能を利用した数値計算プロセスの可視化 (第 1 報: 放射加熱をうける 1 次元平板系の非定常熱伝達問題), 可視化情報 Vol. 23, Suppl. No. 3 (2005) CD-ROM 5-3.

4. 警告

1 次元定常熱伝導問題を具体例として、実用的な数値解析を行う上で必要不可欠な、簡単な不等間隔格子の導入方法について検討した。

差分分解の妥当性をチェックすることができる。

なお、Fig. 3 に示すように、差分分解を求めるセルおよび解析を求めるセルが、どのセルを参照しているかは、ワークシート分析を使用することで視覚的にチェックすることができる。

ことができ、効率的な数値解析を行うことができる。

(7) $\$C\$6*(E21/\$C\$3)+\$C\$6$

$$= -\$C\$11 * E21 \vee 2 + (\$C\$11 * \$C\$3 \vee 2 + \$C\$7 -$$

動的に式が書き込まれる。
セル E23～O23 には、参考のため、式(5)で与えられ
る解析解を用いて得られた結果が表示されている。この
場合、セル E23 に、次式、

$$(6) \quad E21)+((F21-E21)*(G21-F21)/2)*($C$5/$C$4) \\ =((G21-F21)*E22+(F21-E21)*(G22))/(G21 \cdot$$