B 1 0 2

Excel VBAを利用したビジュアルな伝熱解析ツールの開発*

小糸 康志[○] (熊本大学), 富村 寿夫 (熊本大学), 鳥居 修一 (熊本大学)Development of a Visual Tool for Heat Transfer Analysis
Using Excel VBA

Yasushi KOITO, Toshio TOMIMURA and Shuichi TORII

ABSTRACT

Microsoft Excel has been used for scientific numerical simulation. In Excel simulation, each cell of a spreadsheet is regarded as a nodal point. Based on a concrete image of a physical model, discretized governing equations and boundary conditions are written in appropriate cells. Calculation is performed automatically to obtain numerical results. In the present study, Excel VBA is introduced and an icon-based visual spreadsheet is developed for heat transfer analysis. It is based on the color-coded cells termed Icon Cell, where a series of discretized equations are embedded in advance. By using macro buttons, the icon cells are arranged on a spreadsheet and they show numerical results immediately. The icon-based Excel simulation does not require any computer program writing, and therefore it is a very handy tool for scientific researches and practical engineering applications.

Keywords: Excel simulation, VBA, Macro, Icon cell, Heat transfer

1. 結 論

Excel のワークシート上で、表計算機能を利用して熱流体のシミュレーションを行う簡易解析手法が提案されている^{1), 2), 3)}. Excel による数値解析では、ワークシートのセルを格子点とみなし、物理モデルのイメージを描いた上で、基礎式や境界条件などの離散化方程式を各セルに入力して計算結果を得る. 本研究では、VBA (Visual Basic for Applications) によるマクロ機能を導入し、従来のアイコン化セルによる数値解析手法³⁾を発展させ、ビジュアルな伝熱解析ツールを構築した. 二次元の定常熱伝導問題を対象として具体例を示す.

2. 数値モデル

2.1 基礎式と境界条件

x, y の二次元直角座標系における定常熱伝導方程式は、温度 T とすると、次式で与えられる.

$$(\partial^2 T / \partial x^2) + (\partial^2 T / \partial y^2) = 0 \quad (1)$$

また境界では、問題に応じて温度 T_w , 熱流束 q_w , 対流による熱伝達等が規定され、それぞれ次式で与えられる.

$$T_B = T_w \quad (2)$$

$$-\lambda(\partial T / \partial n)|_B = \pm q_w \quad (3)$$

$$-\lambda(\partial T / \partial n)|_B = \pm \alpha(T_s - T_B) \quad (4)$$

ここで、 λ は熱伝導率、 n は法線方向座標、 α は熱伝達率、 T_s は周囲温度であり、下添字 B は境界を表す.

2.2 離散化

コントロール・ボリューム法⁴⁾を用いると、Fig. 1(a)により、式(1)は次式のように離散化される.

$$T_P = \frac{a_E T_E + a_W T_W + a_N T_N + a_S T_S}{a_E + a_W + a_N + a_S} \quad (5)$$

ここで、 $a_E = a_W = \Delta y / \delta x$, $a_N = a_S = \Delta x / \delta y$ である. また、Fig. 1(b)により、式(3), (4)はそれぞれ次式のように離散化される.

$$T_B = \frac{4T_{1,1} - T_{1,2} \pm 2q_w \delta n / \lambda}{3} \quad (6)$$

$$T_B = \frac{4T_{1,1} - T_{1,2} + 2T_s \alpha \delta n / \lambda}{3 + 2\alpha \delta n / \lambda} \quad (7)$$

(a) For interior nodes (b) For boundary nodes

Fig. 1 Control volume.

3. Excel 解析

3.1 解析ツール

本研究では、従来のアイコン化セルによる数値解析手法³⁾に基づいて、基礎式や境界条件などの離散化方程式があらかじめ書き込まれ、かつ、その機能がビジュアルに表示されたセルを準備した。Fig. 2 は、そのセルをまとめたワークシートであり、式(6)はセル C4, G4, E2, E6 に、式(7)はセル C5, G5, F2, F6 にそれぞれ入力されている。さらに、VBA によるマクロ機能を導入し、ボタンを設け、マウスによるドラッグとワンクリックでアイコン化セルを並べ、数値計算を実行できるようにした。また、式(5)を修正した、

$$T_P = \frac{\xi_E a_E T_E + \xi_W a_W T_W + \xi_N a_N T_N + \xi_S a_S T_S}{\xi_E a_E + \xi_W a_W + \xi_N a_N + \xi_S a_S} \quad (8)$$

をセル E4 に埋め込んでおり、内点温度を計算する際には $\xi_E = \xi_W = \xi_N = \xi_S = 1$ とし、コーナー温度を計算する際には壁面に沿う隣接点の ξ を 1, 他を 0 とし、内点とコーナーの両者の温度計算に対応できるようにした。

3.2 適用例

Fig. 3 に、物理モデルの具体例を示した。熱伝導率 $\lambda = 20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ の縦 0.15 m , 横 0.12 m の矩形領域において、下壁および左壁は熱流束 $q_{wb} = q_{wl} = 1.0 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ で一様加熱され、右壁および上壁は 20°C に保たれている。

Fig. 4 に、この物理モデルに対する Fig. 2 のワークシートの適用例を示した。ここでは、 $\delta x = \Delta x = 0.01 \text{ m}$, $\delta y = \Delta y = 0.01 \text{ m}$ として計算を実行した。計算に際しては、前報³⁾と同じく、まず、ワークシート上に物理モデルのイメージを描き、次に、ワークシート上部で、名前定義による参照機能を利用して各パラメータの値を定めた。なお、右壁および上壁のセルには直接、温度を入力した。その後、格子点の種類に応じてマウスで範囲を指定し、マクロボタンをクリックしてアイコン化セルを並べた。計算は直ちに実行され、Fig. 4 はその結果を示したものである。図中には、グラフィック機能を利用した数値結果の可視化例も併示した。

4. 結論

Excel VBA によるマクロ機能を導入し、従来のアイコン化セルを発展させ、ビジュアルな伝熱解析ツールを構築した。

参考文献

- 1) 森下悦生: Exce で学ぶ流体力学, 丸善 (2000).
- 2) Holman, J. P.: Heat Transfer (Ninth Edition), McGraw-Hill, New York (2002) pp.621-655.
- 3) 岩井裕・他 6 名: エクセルとマウスでできる熱流体のシミュレーション, 丸善 (2005).
- 4) Patankar, S. V.: Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Pub. Co., New York (1980).

Fig. 2 Icon cell.

Fig. 3 Physical model.

Fig. 4 Numerical results.