

緒言: TOMCAT 法⁽¹⁾は任意形状・任意個数の物体の周囲に適合した格子を発生させ、差分法の弱点をほぼ解消してくれる有力な方法であるが、空力設計が目的なので物体の周囲は自由空間と想定している。しかし、反応器には必ず壁が存在し、任意形状で物体や界面を含む鉄鋼製錬の反応器内の移動現象に適用しようとする、Fig. 1 の例の如く格子に粗な部分が生ずる。長い容器では、これが特に顕著で、同法そのままではこれを防ぐことができない。筆者らはこの難点の解消を試み、まず簡単な系での流れと伝熱/拡散について従来の報告と一致する結果を得たので、これについて報告する。

TOMCAT 法の骨子: Fig. 2 のように X-Y 座標を $\xi-\eta$ 座標に移す場合、ヤコビアンが正值定符号で境界上で極値をとれば、変換と逆変換がともに可能で 1 対 1 対応がとれる。この条件を満たすような関係で、かつ格子密度を任意にとれるよう選ばれたのが、Eq. (1) である。

$$\nabla^2 \xi = f(\xi, \eta), \quad \nabla^2 \eta = g(\xi, \eta); \quad \xi(X, Y), \eta(X, Y) \text{ は境界上で有限確定} \quad \dots (1)$$

これを座標変換すると、Eq. (2) のようになるので、SOR など で連立させて解けば $X(\xi, \eta), Y(\xi, \eta)$ が求められる。Fig. 1 は、これを逆変換して図化したものである。

$$\left\{ \begin{aligned} (\alpha Z_{\xi\xi} - 2\beta Z_{\xi\eta} + \gamma Z_{\eta\eta} + \delta Z_{\eta\xi} + \tau Z_{\xi\xi}) / J^2 &= f \text{ or } g, \quad Z = X, Y \\ J &= X_{\xi} Y_{\eta} - X_{\eta} Y_{\xi}, \quad \alpha = X_{\xi}^2 + Y_{\xi}^2, \quad \beta = X_{\xi} X_{\eta} + Y_{\xi} Y_{\eta}, \quad \gamma = X_{\eta}^2 + Y_{\eta}^2 \quad \text{etc.} \end{aligned} \right\} \quad \dots (2)$$

HYBRID 格子: 前述の点を解決するために、 $\xi-\eta$ 領域の外側へ Fig. 3 のように通常の格子を接続する。接続法の詳細は当日報告するが、これによって前述の点は解決され、また流れの計算に際して、従来よく報告されているつなぎ目に起因する不安定⁽²⁾はまだ発見されていない ($Re \leq 1000$ まで)。

TOMCAT 法には境界層内にも格子点を分布させることができ、物体の大小や形状によらず、Fig. 2 のような位相的性質さえ同一ならプログラムの手直しが全く不要、物体形状の時間的変化に追従する格子の発生が可能、物体の個数に原理的な制限がなく、変換された微分方程式の線型性や、型は保存され、3次元でも可能など多くの利点がある。Fig. 4 はこれを用いて流れを $\psi-\omega$ で計算した例である。

計算時間は座標変換込みで通常の格子の約 2~3 倍を要するが、これらの利点は極めて大きいので、HYBRID 格子によって改良された TOMCAT 法は将来多用されるようになると思われる。Co, Nu, Sh などの移動係数も妥当な値が得られている。

(1) NASA CR-2729 :Thompson, Thames, Mastin('77)

(2) Computational Fluid Dynamics :Roache('76)

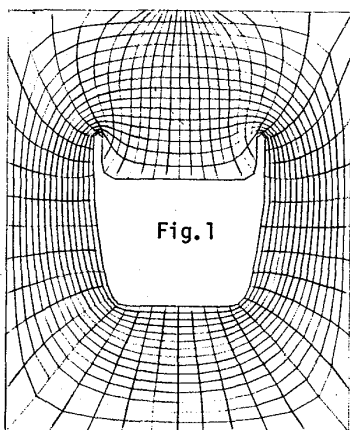


Fig. 2 座標変換

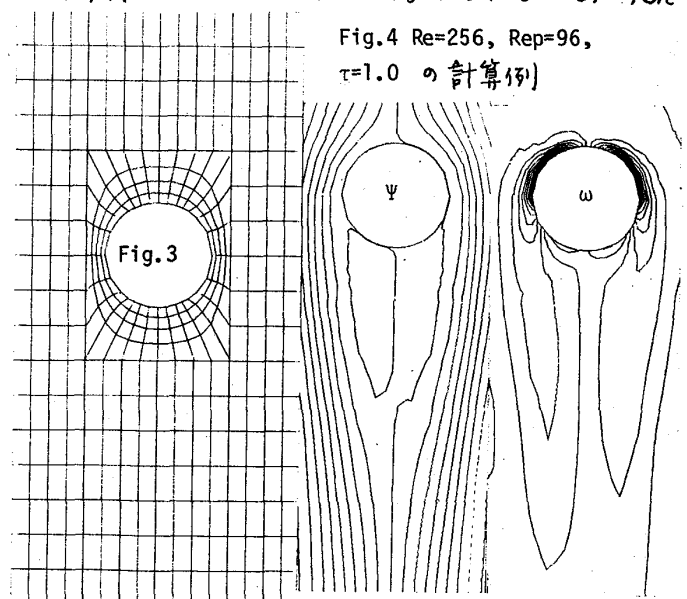
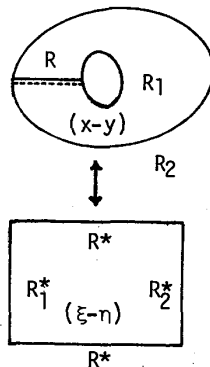


Fig. 4 $Re=256$, $Rep=96$, $\tau=1.0$ の計算例