

東京大学大学院  
東京大学工学部

○ 洪 俊 杓  
梅 田 高 照 , 木 村 康 夫

1. 緒言

著者ら<sup>1),2)</sup>はすでに非定常熱伝導問題における境界要素法の特性を調べ、精度に及ぼす時間きざみ及び分割要素の大きさなどの影響について検討し、差分法と境界要素法の結合解法による凝固解析について報告した。本研究では差分法や有限要素法に比べて要素分割やデータ入力が非常に簡単である境界要素法の凝固解析への応用における基本的な問題である①凝固潜熱の取り扱い、②異物質の接触の取り扱いなどについて考察し、その応用としてインゴットの凝固問題について検討した。

2. 凝固潜熱の取り扱い

一般に差分法や有限要素法では凝固時の潜熱放出を①等価比熱法②温度回復法③エンタルピー法などによって取り扱っている。境界要素法では基本解を用いて定式化を行なうので、凝固問題への応用は困難とされてきた。しかしながら、温度回復法、すなわち、変態がないとして非定常熱伝導問題を解き、その後、凝固量を算定する方法によれば可能であると考えられる。本法によれば係数マトリックスは一度だけ計算すればよく、計算時間も短縮され、精度よく凝固問題を解析することができた。

3. Newtonの冷却法則によって支配される

境界面の取り扱い

Fig.1のような異物質AとBの接触問題について考える。境界 $\Gamma_A$ 及び $\Gamma_B$ 上では熱流束 $Q_A$ 及び $Q_B$ は既知であり、温度 $T_A$ 及び $T_B$ は未知である。境界 $\Gamma_{IA}$ 及び $\Gamma_{IB}$ はNewtonの法則によって支配される境界面(たとえば銻型-インゴット界面)であるとす。この場合、境界面上の温度、熱流束ともに未知であることに注意する必要がある。

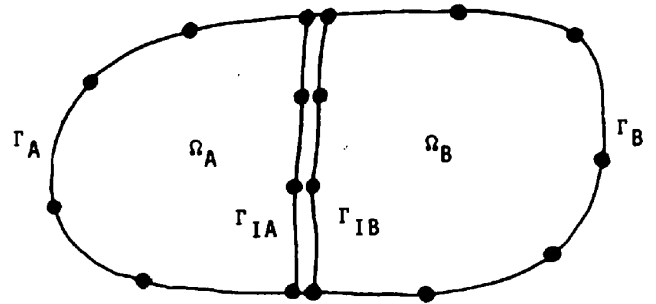


Fig. 1 Coupling of inhomogeneous bodies

領域A及びBにおける境界要素方程式は式(1)及び式(2)によって表わすことができる。

$$\begin{bmatrix} H_A & H_{IA} + h G_{IA} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_A \\ T_{IA} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_A & h G_{IA} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Q_A \\ T_{IB} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} P_A \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_A^R \end{Bmatrix} \quad \dots \dots (1)$$

$$\begin{bmatrix} H_B & H_{IB} + h G_{IB} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_B \\ T_{IB} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_B & h G_{IB} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Q_B \\ T_{IA} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} P_B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_B^R \end{Bmatrix} \quad \dots \dots (2)$$

ここで $h$ は熱伝達係数であり、 $H$ ,  $G$ 及び $P$ は係数マトリックス、 $T$ は温度、 $Q$ は熱流束をそれぞれ示す。式(1)及び式(2)を合せて整理すると式(3)のようになる。従って、式(3)を温度について解けばよい。

$$\begin{bmatrix} H_A & H_{IA} + h G_{IA} & -h G_{IA} & 0 \\ 0 & -h G_{IB} & H_{IB} + h G_{IB} & H_B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_A \\ T_{IA} \\ T_{IB} \\ T_B \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_A & 0 \\ 0 & G_B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Q_A \\ Q_B \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} P_A & 0 \\ 0 & P_B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_A^R \\ T_B^R \end{Bmatrix} \quad \dots \dots (3)$$

境界 $\Gamma_{IA}$ 及び $\Gamma_{IB}$ における熱流束 $Q_{IA}$ 及び $Q_{IB}$ は式(4)によって計算することができる。

$$Q_{IA} = -Q_{IB} = h(T_{IA} - T_{IB}) \quad \dots \dots (4)$$

本法によって、素人の凝固問題の解析が可能であり、インゴット凝固における銻型の設計への応用について報告する。  
1), 2) 洪、梅田、木村; 日本銻構協会、第102回講演大会, No.66, No.67, 1981年10月