

# プラスチック射出成形における流動解析

—簡易解析法開発の試み—

萩原 義人・原川 守・大内 英俊\*

## Flow Analysis of Plastic Injection Molding

—Trial of Development on Easy Analysis Method—

Yoshihito HAGIHARA, Mamoru HARAKAWA and Hidetoshi OUCHI

### 要 約

現場向きの簡易な流動解析プログラムの開発を目的として、前年度は、2次元流れの解析プログラムを作成した。本年度は、このプログラムを用いて、各種形状についてレイノルズ数を10~100まで変化させて解析を行った。その結果、種々の形状パターンにおいて、レイノルズ数の増加に伴う流れの変化を確認できたが、開発解析プログラムは、格子作成に長時間を費やさなければならないため、今後、格子形成プログラムの作成が必要であることが明らかとなった。

### 1. 緒 言

現在、プラスチック射出成形における、充填不良やウエルドラインの発生、変形、そりなどは、製品に悪影響をおよぼすため深刻な問題となっている。これらの問題は、成形時の樹脂の流れや射出圧、金型温度などによるものであることから、プラスチック射出成形における条件設定がきわめて重要になる。このため、プラスチック射出成形では、市販の流動解析プログラムを利用しているが、これは値段も高く、解析シミュレーションを確認するための成形条件等の入力などに時間を費やさなければならないため、実際は現場の熟練者の長年の経験と勘で補っているのが現状である。

そこで、プラスチック成形における適正条件を低コスト、短時間で確立するための、市販のプログラムに代わる簡易な流動解析プログラムの開発を前年度から行っている。本年度は2次元流れの解析プログラムを用いて、各種形状についてレイノルズ数を10~100まで変化させたときの解析を行ったので報告する。

### 2. 解析方法

#### 2-1 速度-圧力法による各種簡易形状の解析

前年度に開発した解析プログラムは、主として図1に示す2次元形状の左側に、図2に示すポアズイユ流れ<sup>1)</sup>を与えたものである。

本年度は、その解析プログラムを用いて、今後解析を進めていく上で必要な図3、4、5に示す各種形状の解析をレイノルズ数を10~100まで変化させて行った。ただし、形状内の各ポイントは流速及び流れ方向の計算ポイントである。

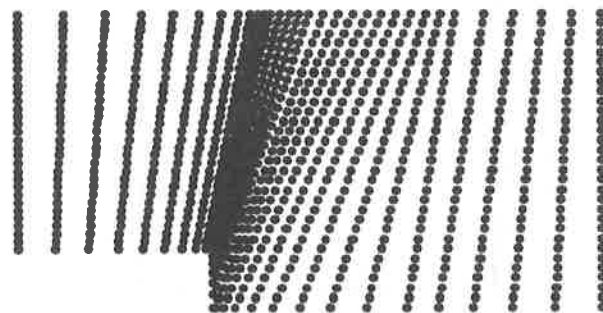


図1

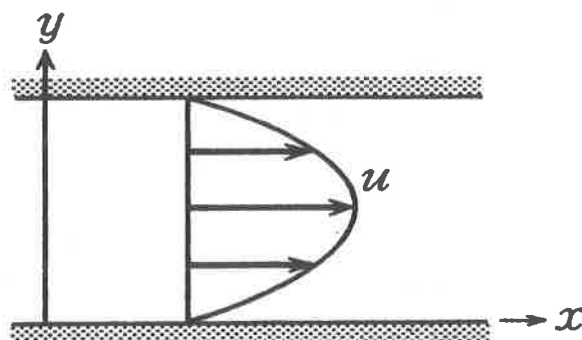


図2 ポアズイユ流れ

また、解析プログラムのフローチャートは、図6に示すとおりである。すなわち、最初にGRIDで格子(形状)を作成し、DATAで計算に必要なパラメータを読み込む。このときの入力パラメータは、時間ステップ数(n)、時間ステップ(i)、レイノルズ数(re)、時間(dt)、計算誤差(eps)、緩和係数(const)である。次に、METで一般座標を用いる際に必要な種々の係数(メトリック)を計算し、INITで速度および圧力の初期値を与えて、RHSで圧力のポアソン方程式(式1)の右辺の計算を行った。つづいてPRSでは圧力のポア

\*山梨大学工学部機械システム工学科

ソーン方程式を反復法で解き、PRSBCで圧力の境界条件を与えた。そして、NSにおいてNS方程式(式2)をFTCS法で解き、BCで速度の境界条件を与え、最後にOUTPで計算結果を出力させた。また、この計算結果の図示化プログラムを作成して得られた結果を図7~10に示す。

$$\Delta p^n = \left[ \left( \frac{\partial u^n}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial u^n}{\partial y} \right) \left( \frac{\partial v^n}{\partial x} \right) + \left( \frac{\partial v^n}{\partial y} \right)^2 \right] + \frac{D^n}{\Delta t} - \frac{\partial D^n}{\partial x} - \frac{\partial D^n}{\partial y} + \frac{1}{Re} \Delta D^n \quad (式1)$$

ただし、

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right] = - \left[ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right] + \frac{1}{Re} \left[ \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 D}{\partial y^2} \right] \quad (式2)$$

式中x, yは解析形状内の各計算ポイントの座標値, uはx方向の速度, vはy方向の速度である。

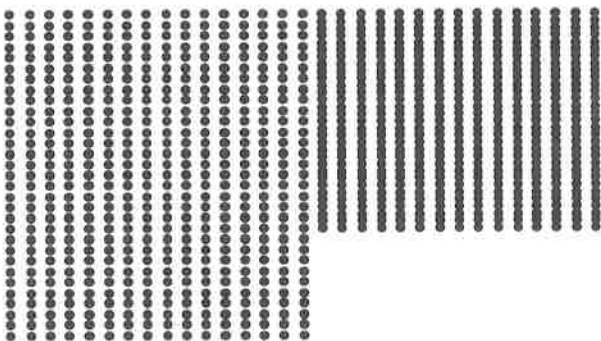


図3

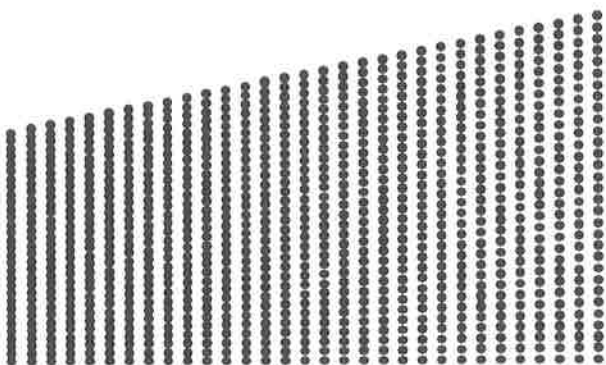


図4

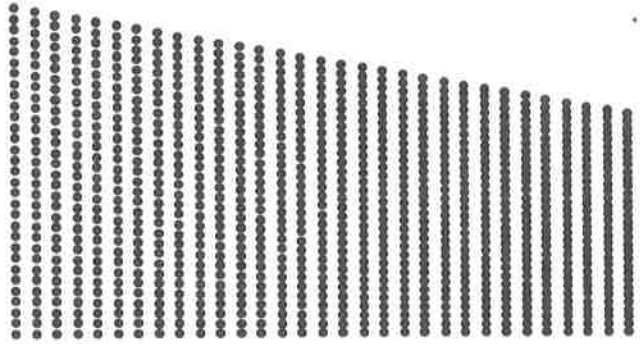


図5

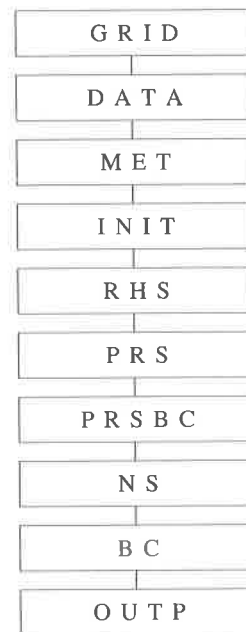


図6 解析プログラムのフローチャート

### 3. 解析結果および考察

前年度に行った図1の形状に、ポアズイユ流れを与えた時の解析結果を図7に示す。図から、レイノルズ数が増加するごとに角部の渦状の流れ<sup>2)</sup>が広範囲に渡ることが確認できた。

図3に示した形状の解析は、解析条件をn=2000, i=100, dt=1.0×10<sup>-2</sup>, eps=1.0×10<sup>-10</sup>, const=0.8とすることで、図8に示したような解析結果を得ることが出来るが、形状の変化部分で流れが壁側に向いており不十分なものであった。この原因は格子作成時の計算ポイントの位置に影響されるものと考えられたため、他に計算ポイントの位置を変化させた数種類の格子を作成し解析を行ったが、結果は同様であった。そこで、この形状の解析に関しては、今後プログラム中のGRID部分の改良が必要であるが、来年度作成予定の格子形成プログラムを用いることによって、この形状に適した計算ポイントの配置を検討する。

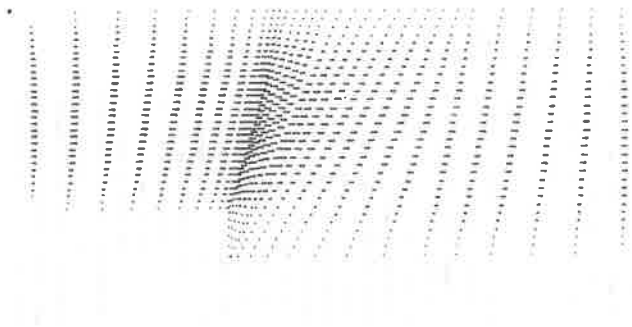


図7

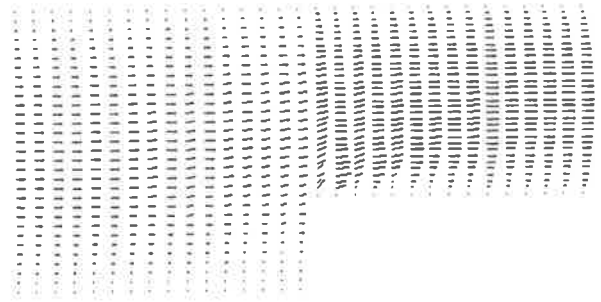


図9

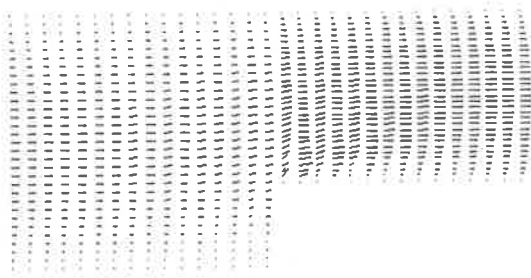


図8

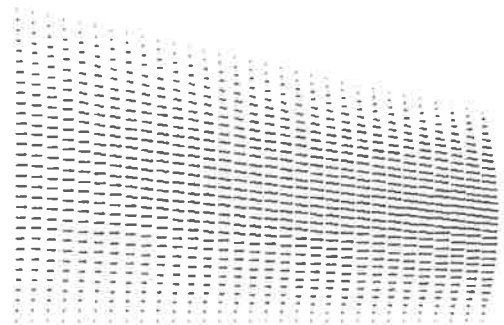


図10

図4, 5に示した形状の解析結果を図9, 10に示す。これらの解析条件は $n=2000$ ,  $i=100$ ,  $dt=1.0 \times 10^{-2}$ ,  $eps=1.0 \times 10^{-10}$ ,  $const=0.8$ である。レイノルズ数 $10 \sim 100$ までの解析結果は、図から明らかなように壁側に流れが見られず、また中心に近いほど流れが速くなるという良好な解析結果を得ることが出来た。

しかしながら、以上の解析を行っていく過程で、プログラムの構成上、各解析形状に格子用プログラムをそれぞれ新たに作成しなければならないため、格子作成にかなりの時間を費やす結果となってしまった。

#### 4. 結 言

今回、前年度に作製した2次元流れの解析プログラムを用い、各種形状についてレイノルズ数を $10 \sim 100$ まで変化させて解析を行った。その結果以下のことが分かった。

- (1) 単純形状においては壁側には流れが見られず、また中心に近いほど流れが速くなる。
- (2) 各種形状の解析結果を得たが、より高精度の解析結果を得るため、プログラムの改良が必要である。
- (3) 現状の解析プログラムでは、各解析形状に格子用プログラムをそれぞれ新たに作成しなければならないため、格子作成に長時間を必要とする。

今後は格子形成プログラムの作成も検討しつつ、実際の解析に用いるレイノルズ数も専用装置を用いて決定していきたい。

#### 参考文献

- 1) 安藤 常世：流体の力学，培風館 81 (1984)
- 2) 数値流体力学編集委員会編：非圧縮性流体解析，東京大学出版会 121 (1995)