

# 粘弾性流体のダクト内流れの 3次元数値シミュレーション

生産システム工学専攻 宮下 真人

## 粘弾性流体とは

粘性と弾性の性質を併せ持つ流体

### 身近な粘弾性流体の例



プラモデル



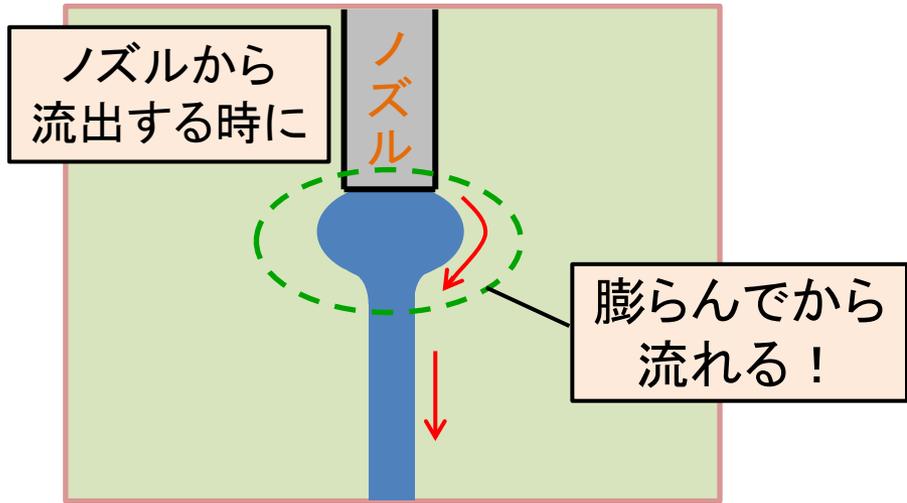
タイヤ

このような製品を作るときに使われる、溶けたプラスチックやゴムは、実は粘弾性流体。他にも血液や高分子溶液などがある。

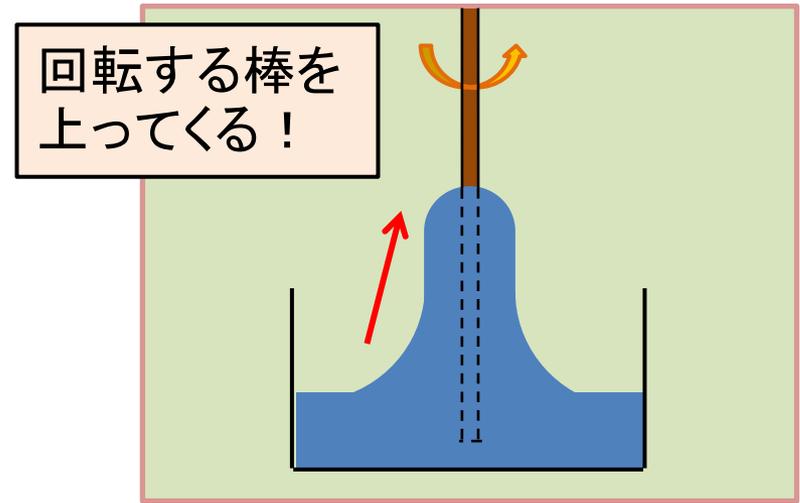
この粘弾性流体は

様々な特異流れを起こすことが知られている。

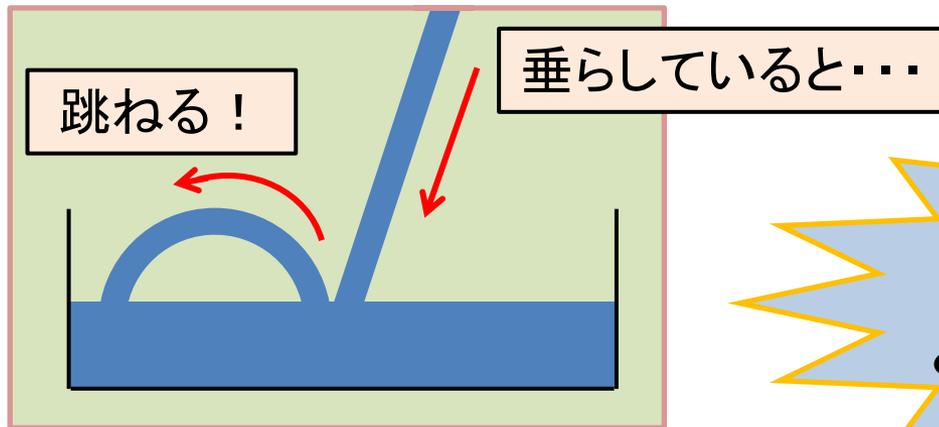
# 粘弾性流体の特異流れの例



バラス効果



ワイゼンベルグ効果



ケイ効果

これらの理由はまだよく分かっていない！

# 研究の目的

プラスチック樹脂の射出成形行程などでは、**特異流れ**により、**製品の性質や形状などが悪くなる。**



**特異流れ**の解明が求められている。

実験により**特異流れ**の様子を確認することはできる。  
しかし、解明まではできていない。

**数値シミュレーション**により、実験では目に見えない部分を調べることで、**特異流れ**の解明に近づけると考えられる。

本研究では、プログラムを自作し、**粘弾性流体の流れの数値シミュレーション**を行う。

# 研究内容

## 粘弾性流体の流れを表す基礎式

### コーシーの運動方程式

..... 運動量保存を表す式

### 連続の式

..... 質量保存を表す式

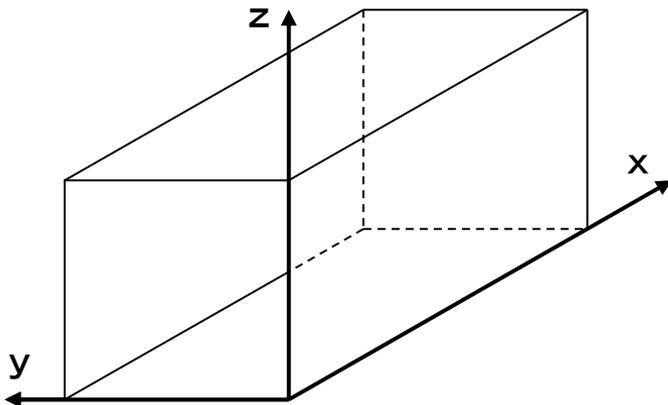
### 構成方程式

..... 応力とひずみ速度の関係を表す式

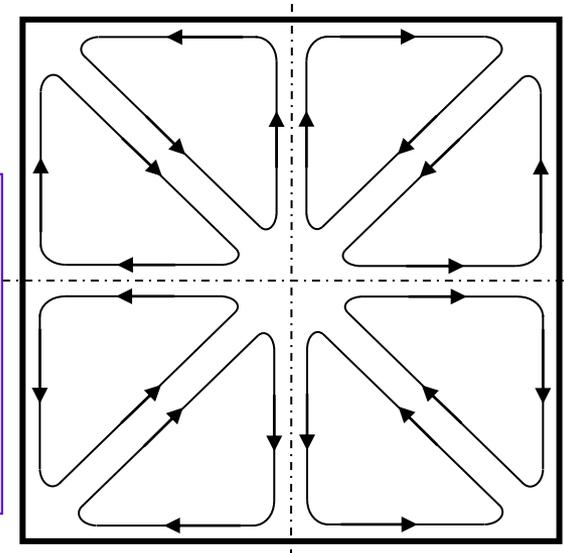
粘弾性流体の流れのシミュレーションは、これらの式を組み合わせで行われる。

構成方程式は、普遍的なモデルはまだ確立されていない。  
また、非線形性が強く、計算が発散しやすくなる。

本研究では、下図のような、正方形断面を持つダクト内流れの計算を行った。



このような場合、右図のように、断面を横切るような二次流れが生じ、螺旋を描くような流れになることが知られている。



# 数値シミュレーション

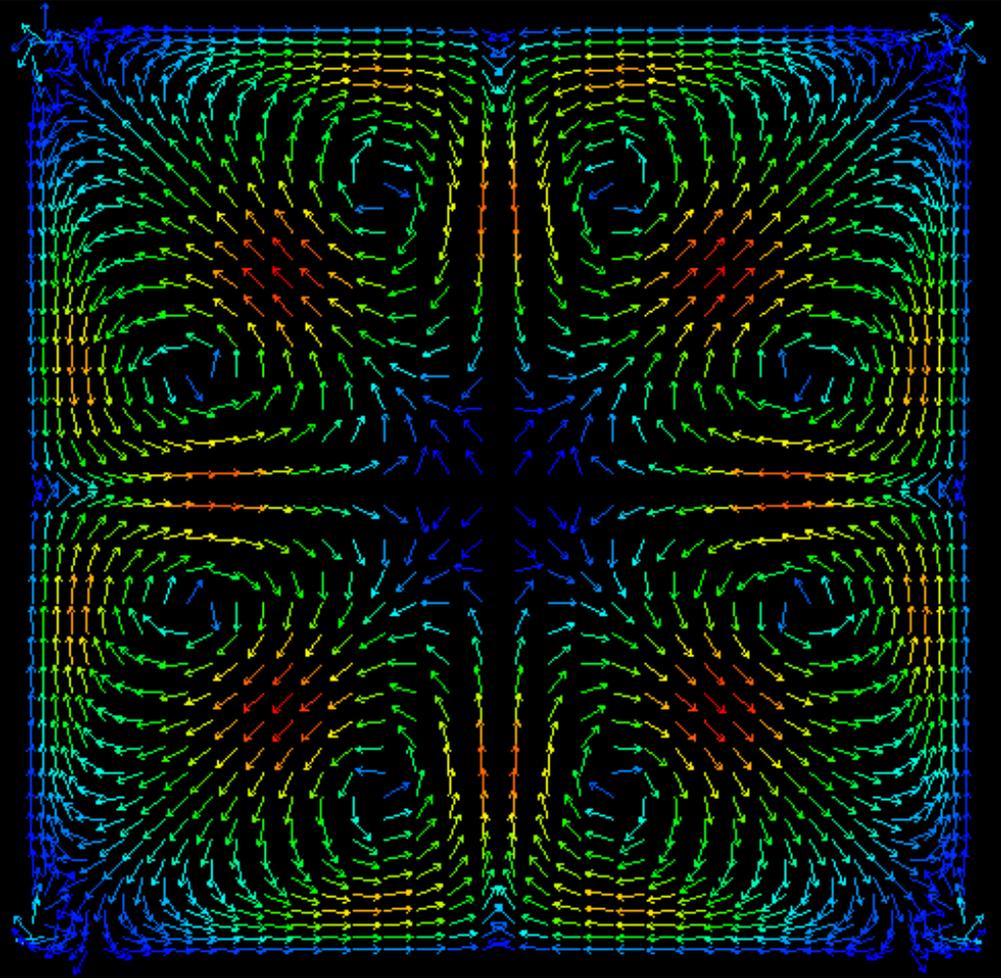
コンピュータで数値シミュレーションを行うには、プログラムを用意する必要がある。

```
emacs23@fujita-desktop
File Edit Options Buffers Tools Ftnchek Fortran Help
&
      -V(I,J+1,K))/DET/24D0*YETA(J)
UY1(I,J,K)=0.5D0*(-UC(I,J-1,K)+UC(I,J+1,K))
&
      /DET*YETA(J)
WY1(I,J,K)=0.5D0*(-WC(I,J-1,K)+WC(I,J+1,K))
&
      /DET*YETA(J)
ELSE IF(J.EQ.NY) THEN
VY1(I,J,K)=(V(I,J-2,K)-27D0*V(I,J-1,K)+27D0*V(I,J,K)
&
      -V(I,J+1,K))/DET/24D0*YETA(J)
UY1(I,J,K)=0.5D0*(-UC(I,J-1,K)+UC(I,J+1,K))
&
      /DET*YETA(J)
WY1(I,J,K)=0.5D0*(-WC(I,J-1,K)+WC(I,J+1,K))
&
      /DET*YETA(J)
ELSE IF(J.EQ.NY+1) THEN
VY1(I,J,K)=(-V(I,J-1,K)+V(I,J,K))/DET*YETA(J)
UY1(I,J,K)=-0.5D0*(UC(I,J-1,K)+UC(I,J,K))/DET*YETA(J)
WY1(I,J,K)=-0.5D0*(WC(I,J-1,K)+WC(I,J,K))/DET*YETA(J)
ELSE
VY1(I,J,K)=(V(I,J-2,K)-27D0*V(I,J-1,K)+27D0*V(I,J,K)
&
      -V(I,J+1,K))/DET/24D0*YETA(J)
UY1(I,J,K)=(UC(I,J-2,K)-8D0*UC(I,J-1,K)
&
      +8D0*UC(I,J+1,K)-UC(I,J+2,K))
&
      /DET/12D0*YETA(J)
WY1(I,J,K)=(WC(I,J-2,K)-8D0*WC(I,J-1,K)
&
      +8D0*WC(I,J+1,K)-WC(I,J+2,K))
&
      /DET/12D0*YETA(J)
END IF
C
IF(K.EQ.2) THEN
WZ1(I,J,K)=(-W(I,J,K-1)+W(I,J,K))/DZE*ZZEA(K)
UZ1(I,J,K)=0.5D0*(UC(I,J,K)+UC(I,J,K+1))/DZE*ZZEA(K)
VZ1(I,J,K)=0.5D0*(VC(I,J,K)+VC(I,J,K+1))/DZE*ZZEA(K)
ELSE IF(K.EQ.3) THEN
WZ1(I,J,K)=(W(I,J,K-2)-27D0*W(I,J,K-1)+27D0*W(I,J,K)
&
      -W(I,J,K+1))/DZE/24D0*ZZEA(K)
&
--:--- test96.f          30% L1143 (Fortran)---
```

このようなプログラムには、その現象を表す基礎式や計算条件などを記載する。

式や計算条件だけでなく、計算方法によっても結果が変わってしまうことがある。

# 計算結果



シミュレーションの結果、  
螺旋を描くような  
2次流れが見られた。

しかし、この二次流れは  
非常に弱く、流れの向き  
も、一般に知られている  
粘弾性流体のものとは、  
逆回りになっていた。