

# 弾塑性学

“材料に形を与える”

材料プロセス工学専攻 材料加工工学講座

湯川伸樹

yukawa@numse.nagoya-u.ac.jp

## 成形法の概要



## 成形法の概要



# 鍛造

- 熱間鍛造の例



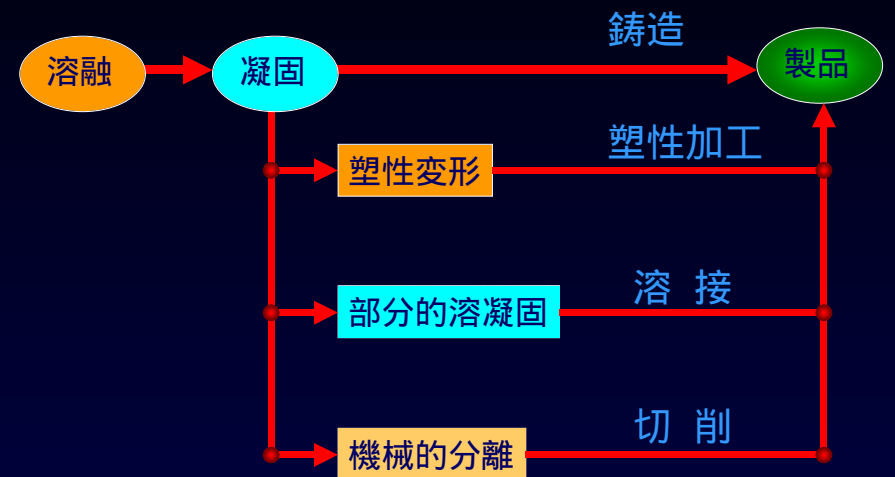
# 成形法の概要



# プレス成形

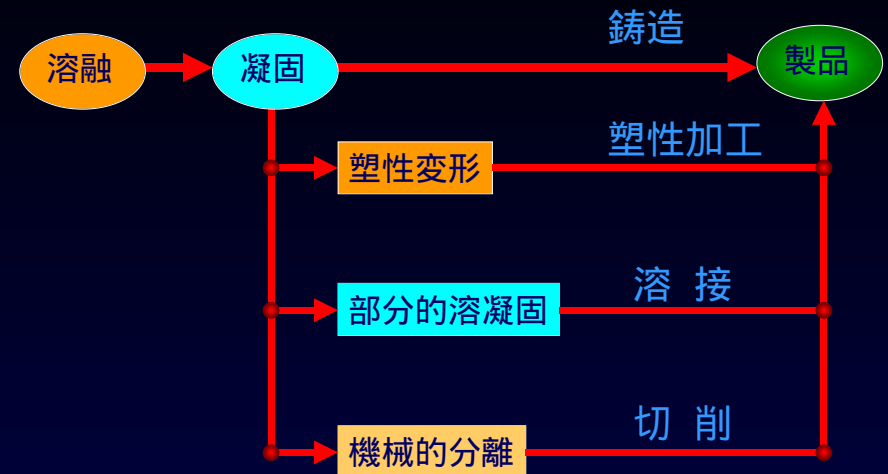


# 成形法の概要





## 成形法の概要



## 塑性加工の概念

### ● 一次塑性加工

鋼片 → 板、棒、管、形材  
(圧延、押出し、引抜き等)

### ● 二次塑性加工

一次製品 → 機械部品等  
(鍛造、板成形、せん断等)

## 成形法の概要

### 塑性加工の特徴

1) 後続仕上げ加工の省略が可能で、材料歩留まりが良好

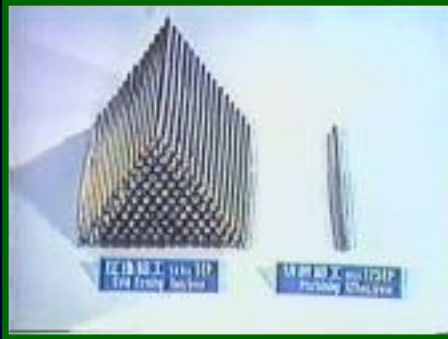


← 塑性加工の歩留まりはほぼ0  
 塑性加工 0%  
 切削加工 20 50%

## 成形法の概要

### 塑性加工の特徴

- 1) 後続仕上げ加工の省略が可能で、材料歩留まりが良好
- 2) 型への転写加工であるため、生産速度大である  
少種大量生産に適する



← この場合、加工速度は125倍  
 塑性加工 1sec/本  
 切削加工 125sec/本

## 成形法の概要

### 塑性加工の特徴

- 1) 後続仕上げ加工の省略が可能で、材料歩留まりが良好
- 2) 型への転写加工であるため、生産速度大である  
少種大量生産に適する
- 3) 所要形状付与と同時に強靱化等の材質改善も可
- 4) 型の精度とそれへの転写性が製品精度を定める
- 5) 加工機械及び型製作に要する費用が高い

## 塑性加工の概念

### 工学的見地より見た塑性加工

● 加工条件の決定 ← どう作ったらよいか？  
 チェックポイント

- 1) 材料の機械的性質
- 2) 材料の幾何学的条件  
製品の寸法・形状、素材の形状
- 3) 工具の形状、構造、性質
- 4) 加工機械、生産量、製品原価

実験、理論により合理的に決定

## 塑性加工の概念

### 工学的見地より見た塑性加工

○ 具体的問題点

- 1) いかなる形状の素材に、いかなる形式によって  
外力を加えれば目的の変形が達せられるか？
- 2) 外力の大きさはどの程度必要か？
- 3) 材料は支障なく目的の変形を達することができるか？  
破壊、くびれ、座屈、表面損傷などの危険はないか？
- 4) 製品の強度

# 塑性加工におけるCAE

実験による  
試行錯誤

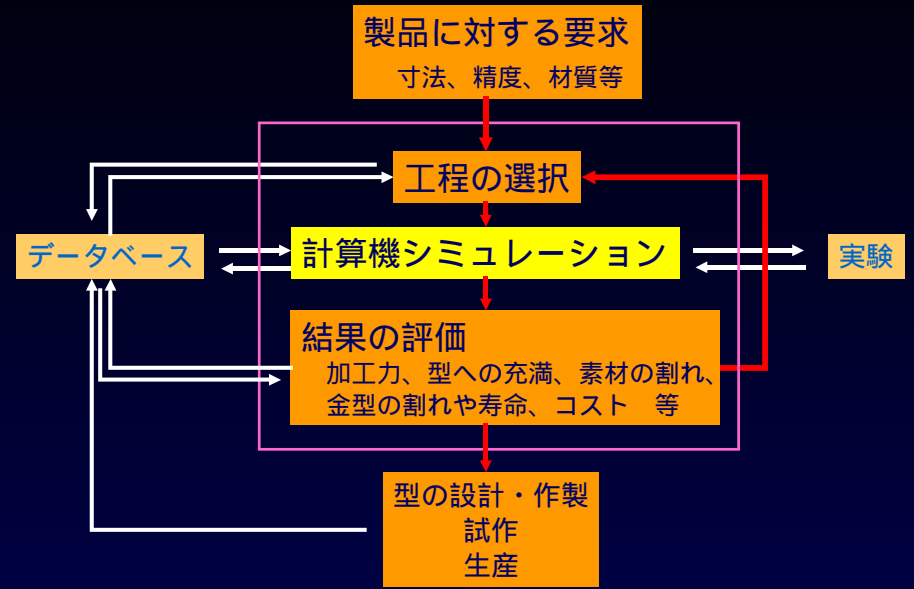


- ・型作成の費用大
- ・時間がかかる
- ・得られるデータ

コンピュータによるシミュレーション

CAE : Computer Aided Engineering

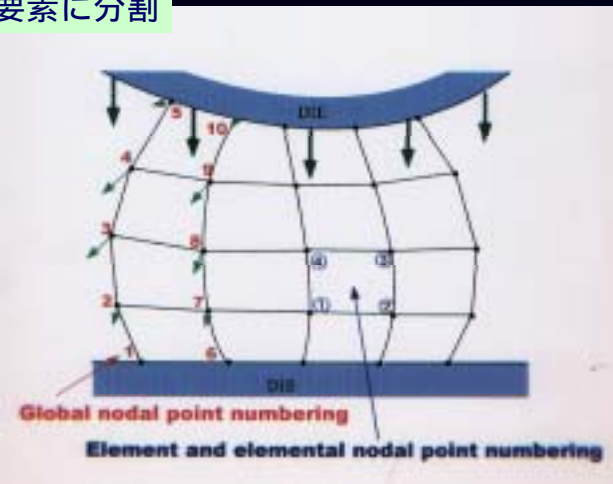
# 塑性加工におけるCAE



# 塑性加工におけるCAE

有限要素法 ( F E M : Finite Element Method )

物体を有限個の要素に分割

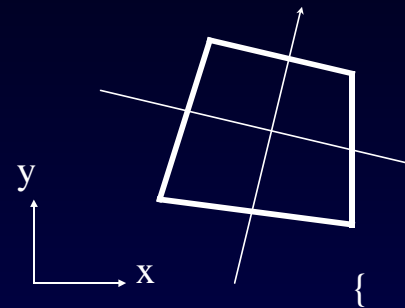


# 塑性加工におけるCAE

有限要素法 ( F E M : Finite Element Method )

物体を有限個の要素に分割

各要素で変形方程式を作成



$$u = N_i \cdot u_i$$

$$v = N_i \cdot v_i$$

$$x = u / x$$

$$y = v / y$$

$$xy = u / y + v / x$$

$$\{ \quad \} = [D] \{ \quad \}$$

$$\{ \quad \}^T \{ \quad \} dV = \{ T \}^T \{ u \} dS$$

## 塑性加工における C A E

有限要素法 ( F E M : Finite Element Method )

物体を有限個の要素に分割

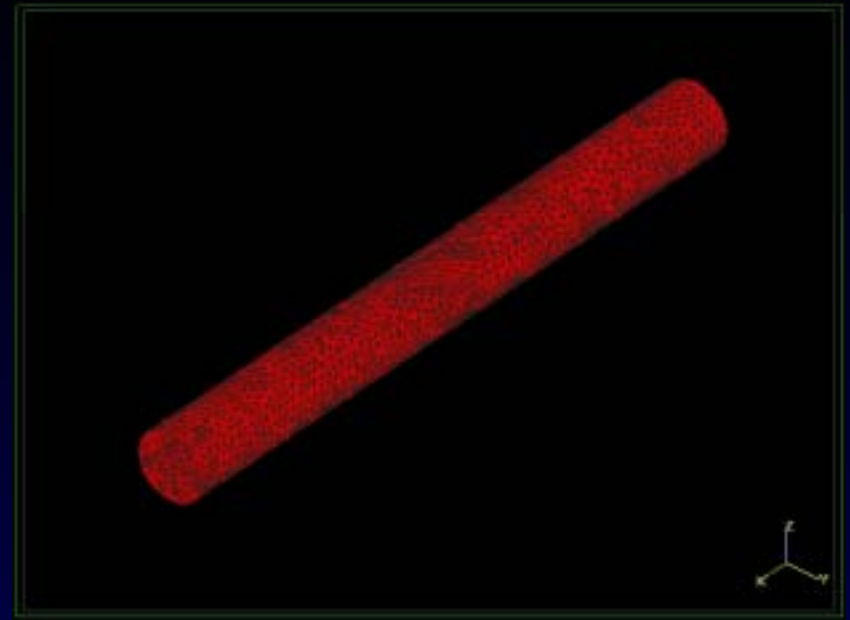
各要素で変形方程式を作成

要素毎の方程式を重ね合わせて、全体の方程式を作成

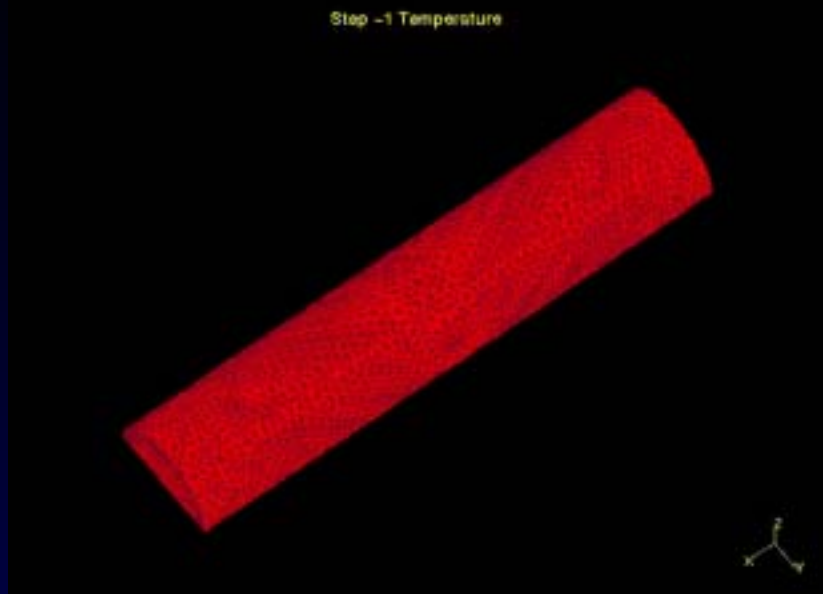
境界条件を導入し、方程式を解く

結果をグラフィック表示

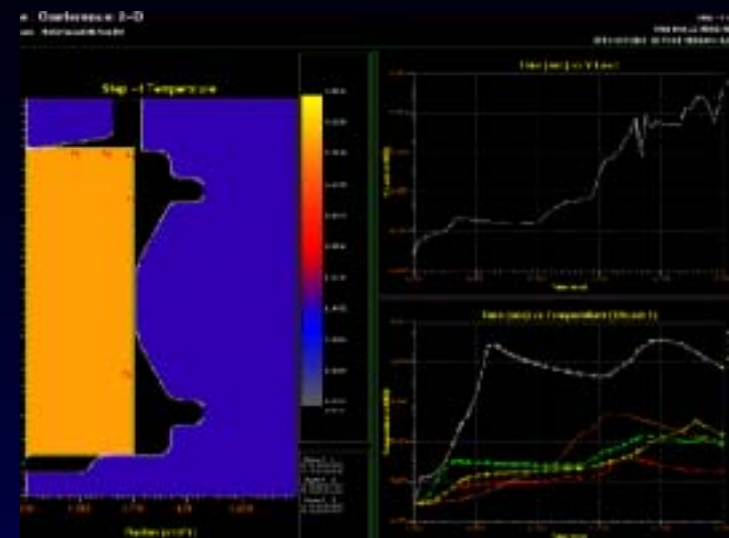
## コンロッドの鍛造



## クランクシャフトの鍛造



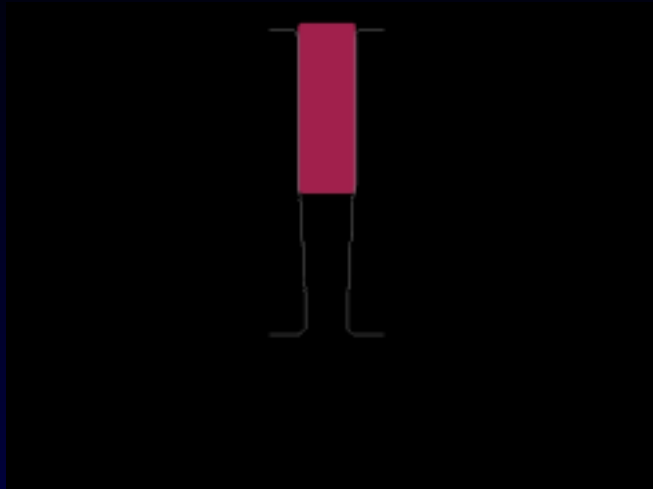
## 接触・摩擦



# 割れ・破壊



多段押し出しにおける  
シェブロンクラック



Cockroft&Lathamの破壊条件式  
要素除去

DEFORM2D

# 塑性加工におけるCAE

## これからの課題

3次元形状の解析をより高精度に

モデリングから結果を得るまでをより高速に

材料モデルとの連携（材質予測、破壊予測等）

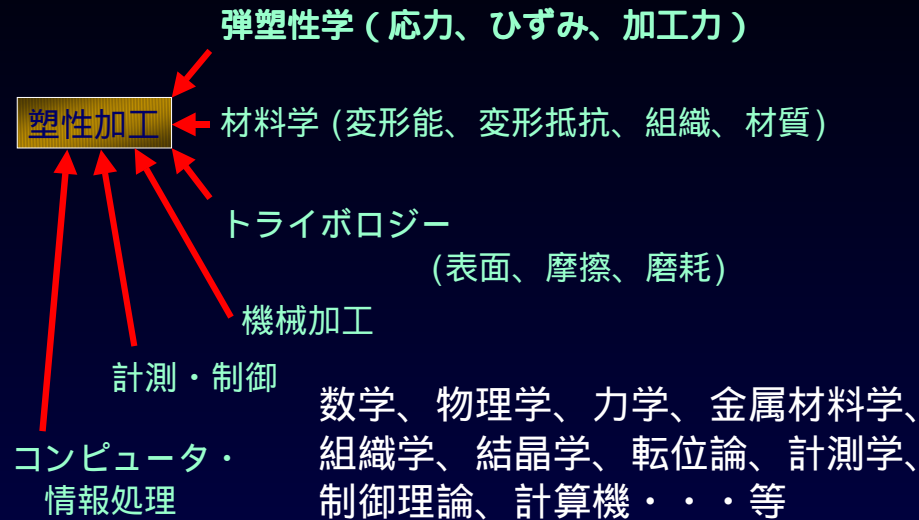
材料データ、摩擦データのデータベース化

ユーザインターフェース

等々・・・

# 成形法の概要

基礎となる工学分野



# 成形法の概要

基礎となる工学分野

