

塑性加工の
有限要素シミュレーション

ものづくりプロセスのCAE

豊橋技術科学大学 森謙一郎

— 有限要素シミュレーション —

- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工

CADとCAE

CAD

(Computer Aided Design)

図面作成, 図形処理

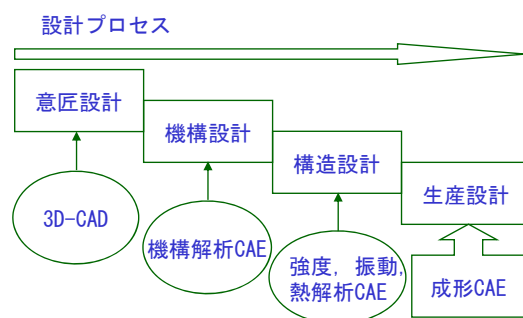
CAE

(Computer Aided Engineering)

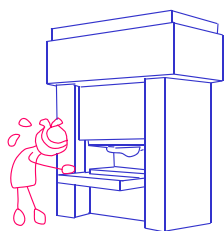
計算機シミュレーション

有限要素法, 差分法, 境界要素法

設計プロセスとCAE



計算機支援技術



(a) 試行錯誤実験

早く, 安く

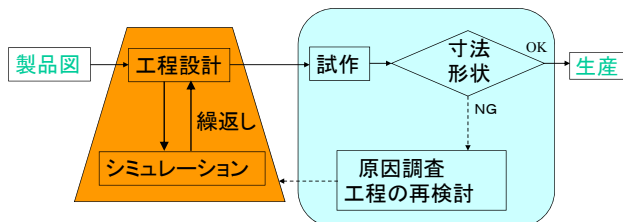


(b) コンピュータシミュレーション

シミュレーションを用いた工程設計

開発期間 短縮
コスト 低減

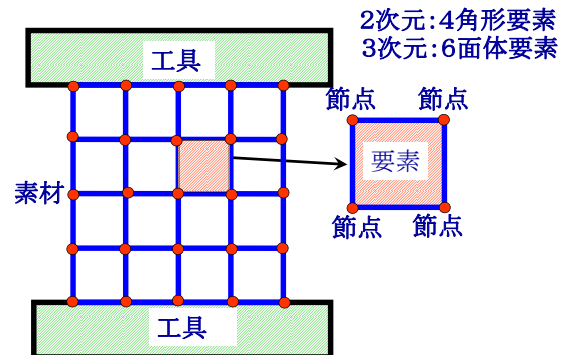
試作を1回に短縮



塑性加工の解析法

- 得たい情報
 - 塑性変形, 温度分布, 工具の変形
- 解析的な方法
 - スラブ法, すべり線場法, 上界法
- 数値解析法
 - 有限要素法, 差分法, 境界要素法

有限要素法



塑性加工の有限要素シミュレーション

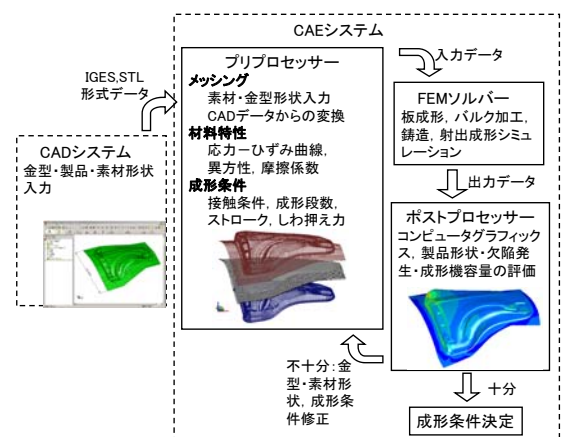
- 1) 鍛造加工
 - 軸対称鍛造, 3次元鍛造, 座屈, 割れ発生の予測, 温度分布
- 2) 押出し・引抜き加工
 - 軸対称変形, 3次元変形, 割れ発生の予測, 温度分布
- 3) 板材成形
 - 深絞り, 曲げ, 張出し, 3次元成形, 異方性, 成形限界, 温度分布, 組織予測, クラッド材
- 4) 粉末成形
 - 粉末鍛造, 圧粉成形, 焼結, 金属粉末射出成形
- 5) 圧延加工
 - 平面ひずみ圧延, 3次元圧延, 厚板圧延, エッジング圧延, 管材圧延, 孔型圧延, 組織予測
- 6) 切削・せん断加工
 - 平面ひずみ, 3次元変形, 材料の分離
- 7) 表面処理
 - ショットピーニング

塑性加工用市販ソフト

- 統合システム
 - 塑性変形, 工具の弾性変形, 温度
- 3次元解析
- プリ・ポスト処理
- 高価, 信頼性

塑性加工用市販ソフト

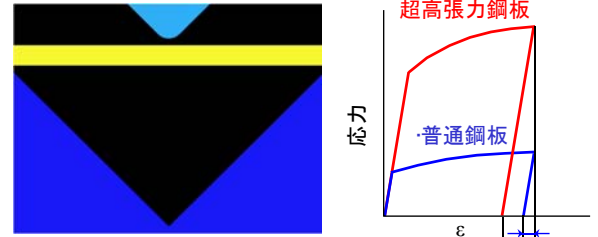
- 動的陽解法: LS-DYNA, JSTAMP, PAM-STAMP
- 静的陰解法: JOH/NIKE, ABAQUS
- 静的陽解法: ASU
- 1ステップ法: FAST_FORM3D, HyperForm, AutoForm
- 剛塑性解析法: Deform



— 有限要素シミュレーション —

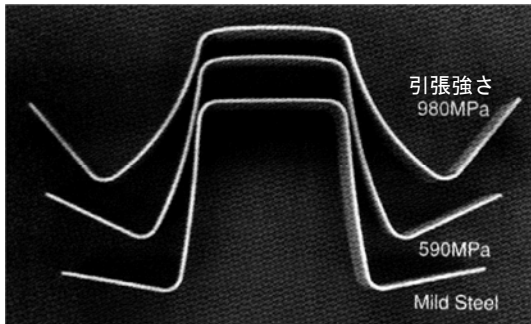
- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工

曲げ加工におけるスプリングバック



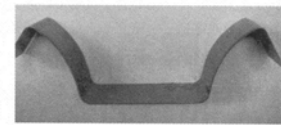
スプリングバック: 大
形状凍結性: 低 → 適用が 限定
弾性回復

高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

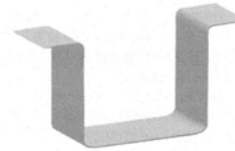


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

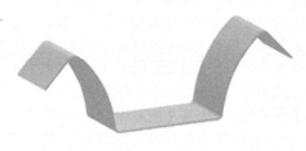
有限要素シミュレーションにおける構成式の影響



(a) 実験結果 (980MPa 高張力鋼板)

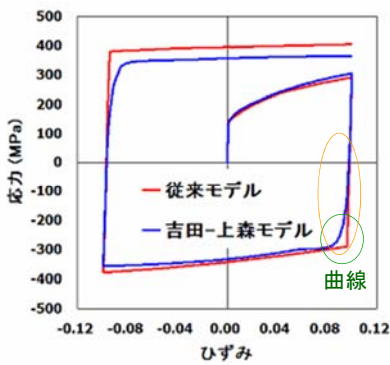


(b) 等方硬化モデル



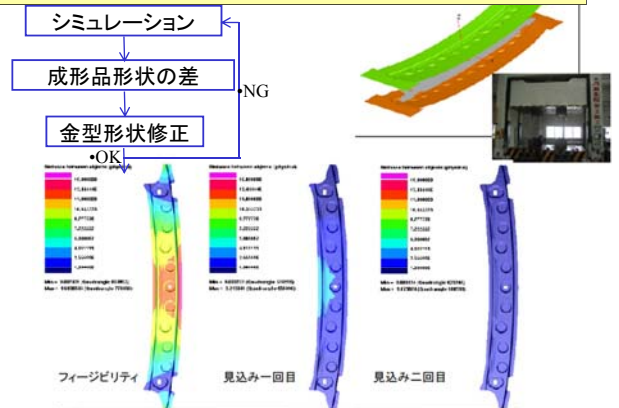
(c) 吉田・上森モデル

曲げ—曲げ戻しにおける構成式

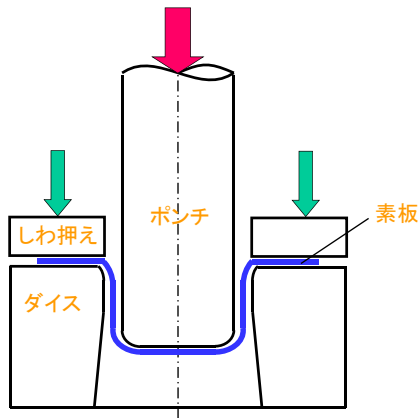


ヤング率の減少

有限要素シミュレーションにおける金型形状の修正



円筒の深絞り加工



円筒深絞り加工

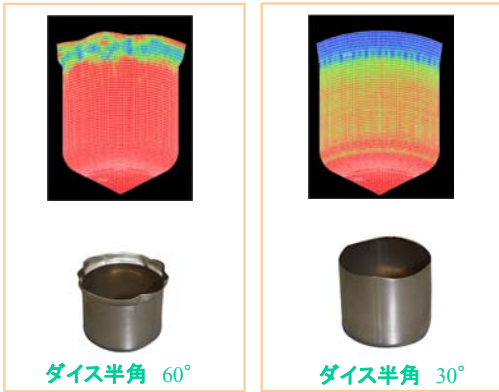
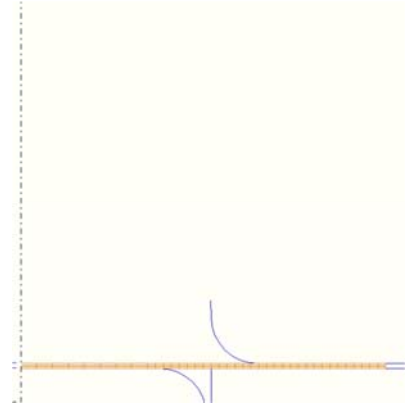
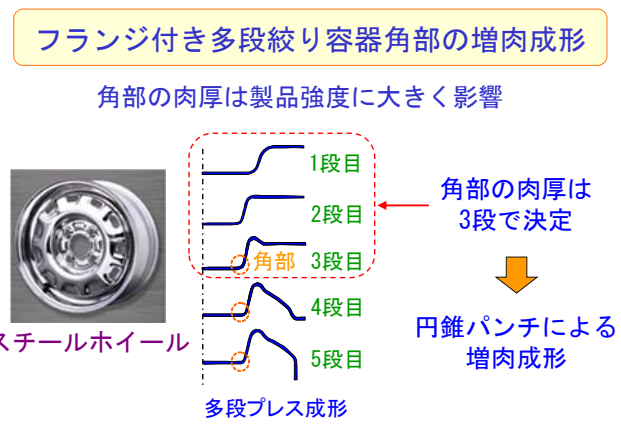
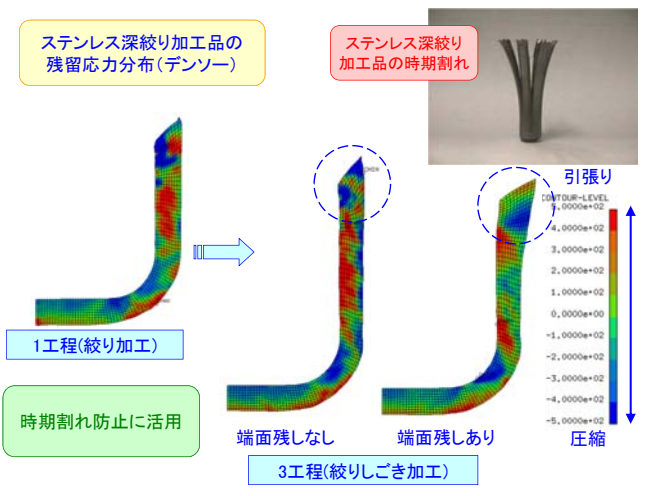
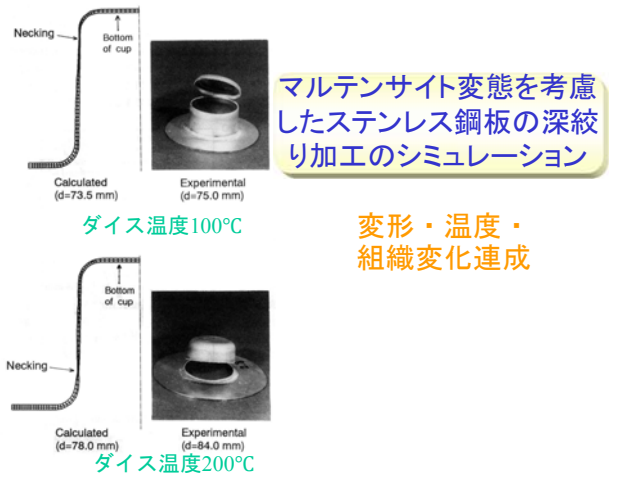
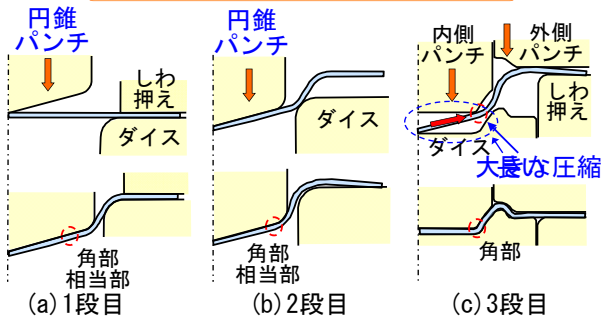


図 深絞り加工におけるしわの発生

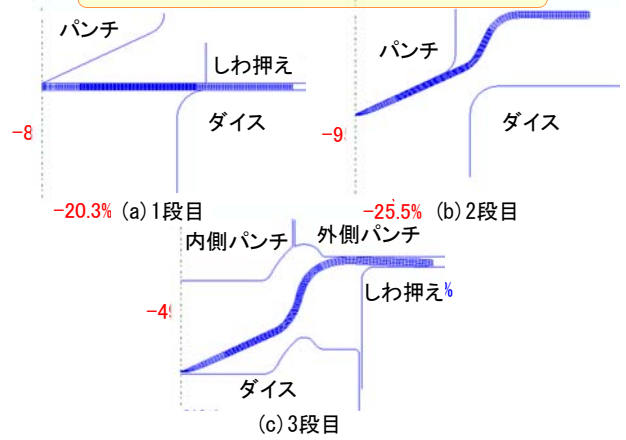


円錐パンチによる増肉成形法

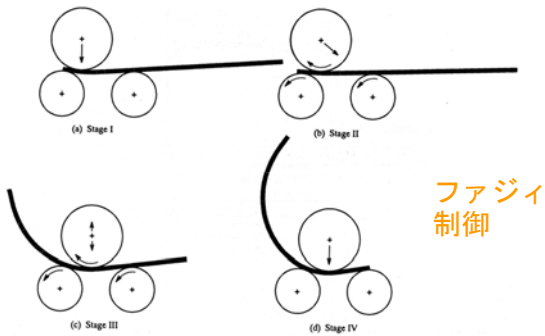


最適な加工条件を求める
円錐パンチ角度, 絞り体積

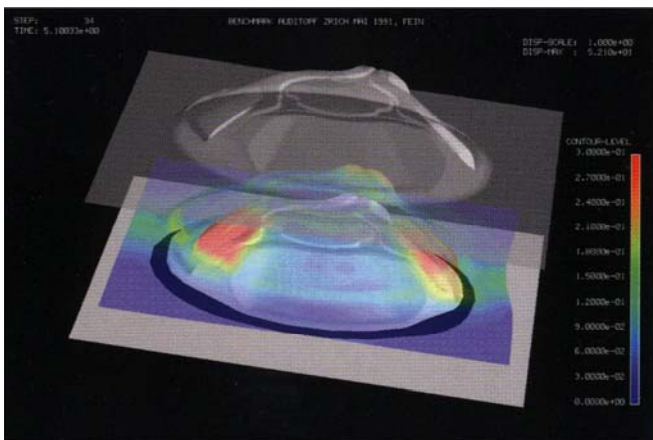
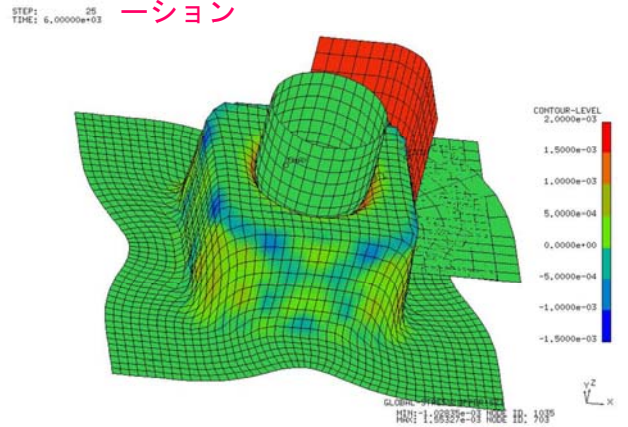
変形挙動 ($\theta=25^\circ$, $V=7800\text{mm}^3$)



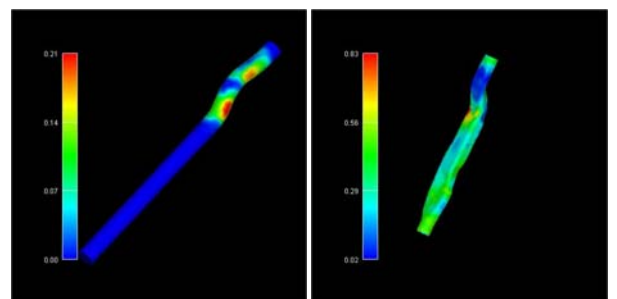
3本ロール曲げ加工の制御FEMシミュレーション



LS-DYNAによる深絞り加工のシミュレーション



曲げ加工とハイドロフォーミング



— 有限要素シミュレーション —

- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工

ヘッディング加工における塑性座屈

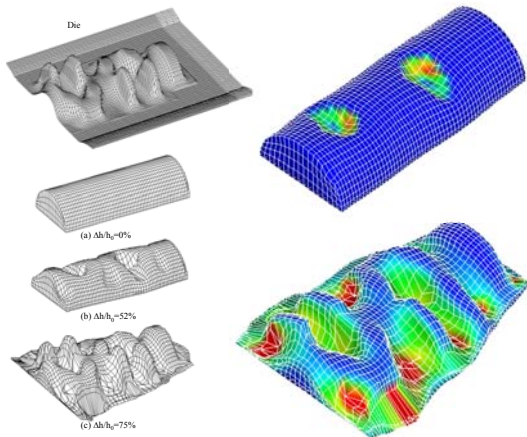
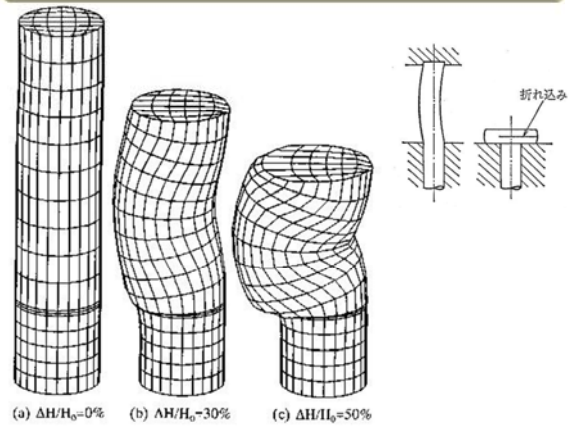


図 クランクシャフトの3次元鍛造



図 多段押し出し加工におけるシェブロンクラック

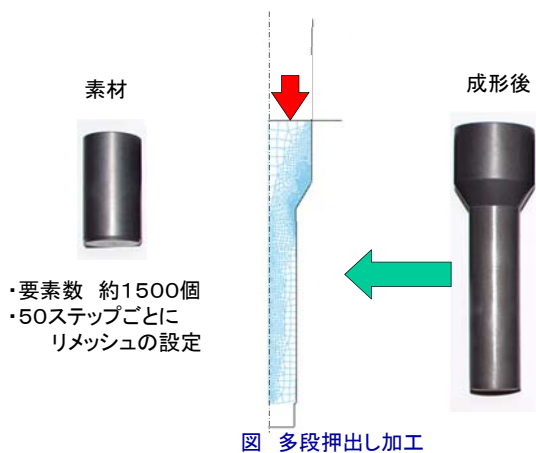


図 多段押し出し加工

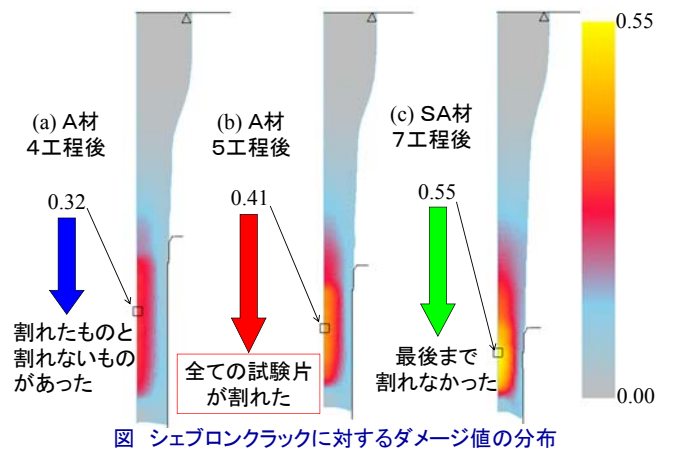
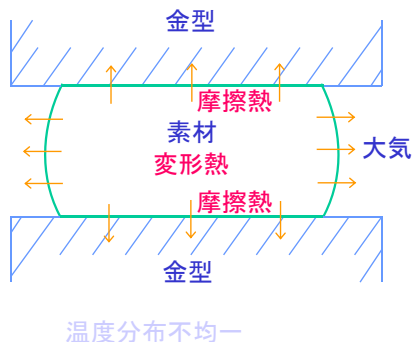
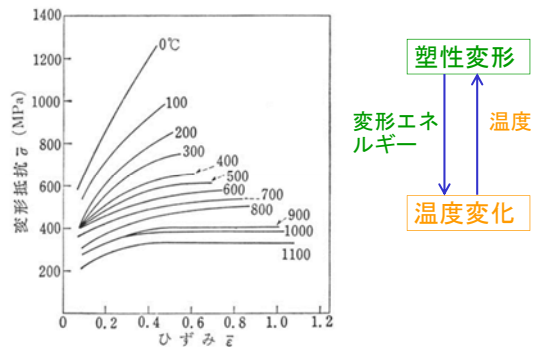


図 シェブロンクラックに対するダメージ値の分布

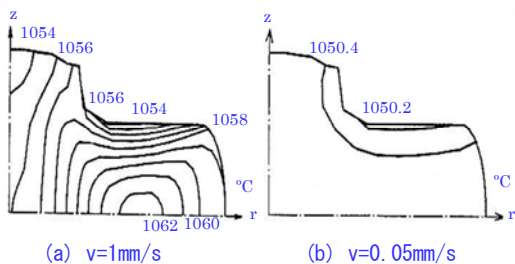
高温加工における熱発生と熱移動



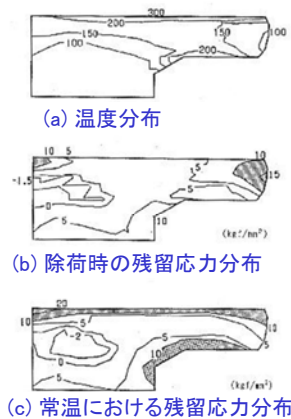
ステンレス鋼の変形抵抗曲線



ニッケル基合金の超塑性鍛造のシミュレーションにおける温度分布



ヘディング加工における温度と残留応力



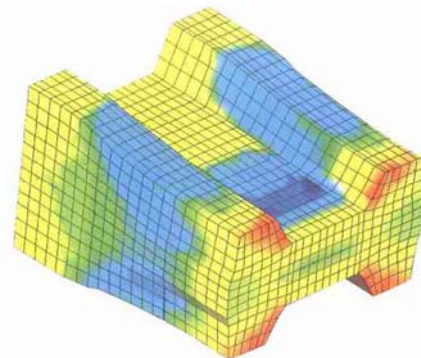
変形・温度・
温度降下による
弾性回復

有限要素シミュレーション

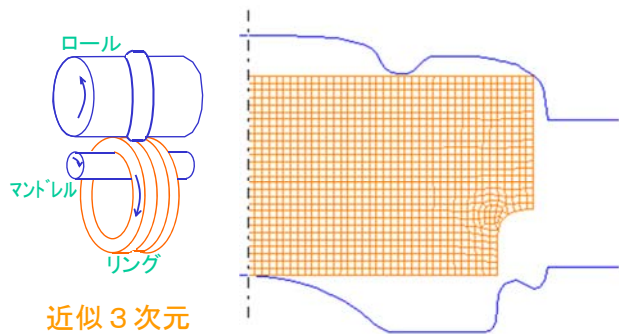
- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工

H形鋼の3次元孔型圧延

3次元変形
の取扱い



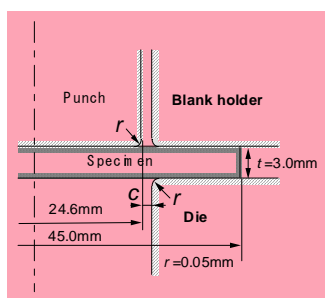
リングローリング加工



— 有限要素シミュレーション —

- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工

せん断加工のシミュレーション(名大)



亀裂の進展を考慮したせん断加工シミュレーション



— 有限要素シミュレーション —

- 全般
- 板成形
- 鍛造加工
- 圧延加工
- せん断加工