



塑性加工の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

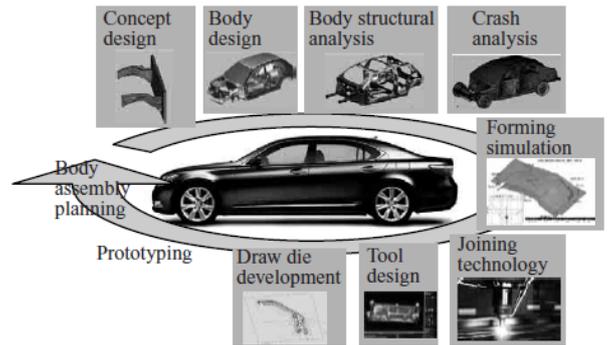
CAD

(Computer Aided Design)
図面作成, 図形処理

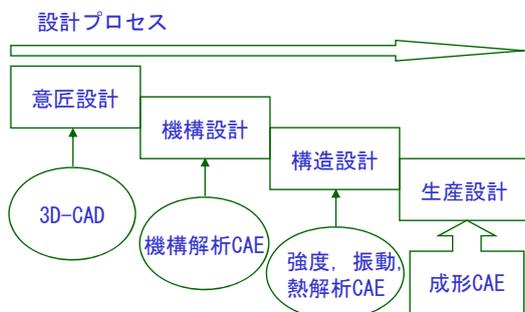
CAE

(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

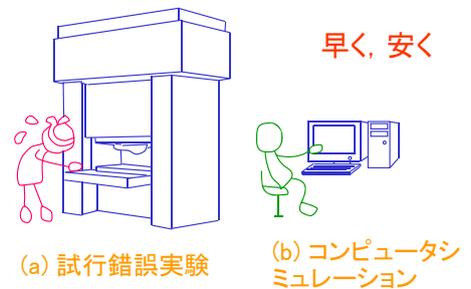
自動車車体の設計



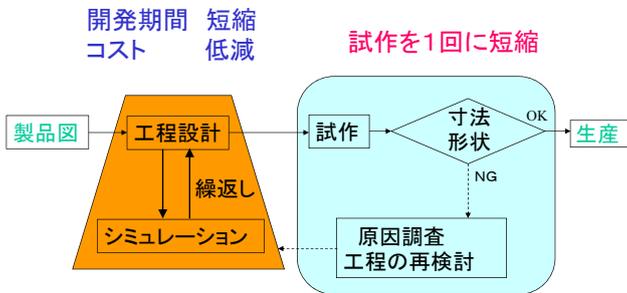
設計プロセスとCAE



計算機支援技術



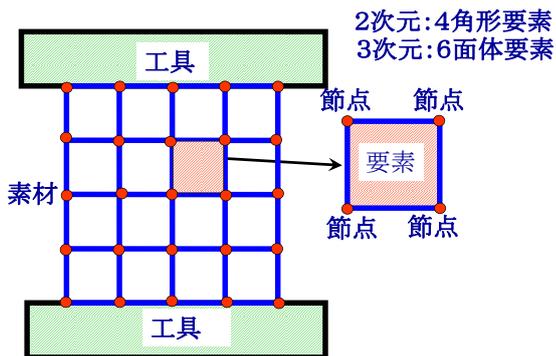
シミュレーションを用いた工程設計



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

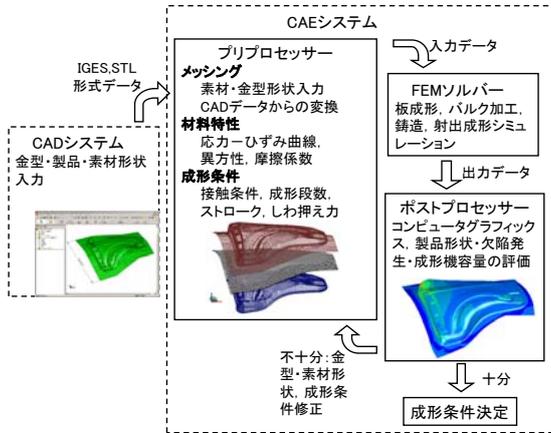
- 統合システム
 - 塑性変形, 工具の弾性変形, 温度
- 3次元解析
- プリ・ポスト処理
- 高価, 信頼性

塑性加工用市販ソフト

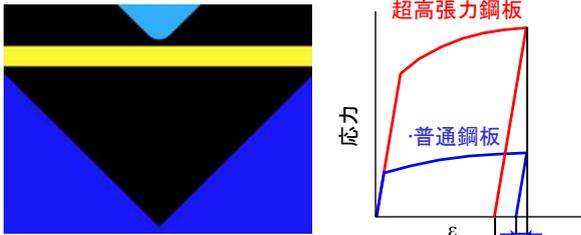
- 動的陽解法: LS-DYNA, JSTAMP, PAM-STAMP
- 静的陰解法: JOH/NIKE, ABAQUS
- 静的陽解法: ASU
- 1ステップ法: FAST_FORM3D, HyperForm, AutoForm
- 剛塑性解析法: Deform

— 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

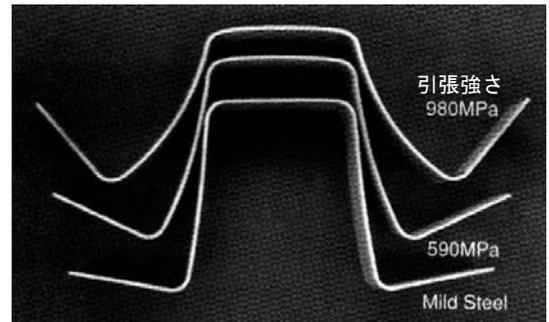


曲げ加工におけるスプリングバック



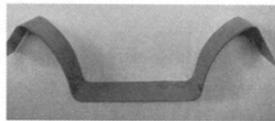
スプリングバック: 大
形状凍結性: 低 → 適用が 弾性回復
限定

高張力鋼板のハット曲げにおけるスプリングバック

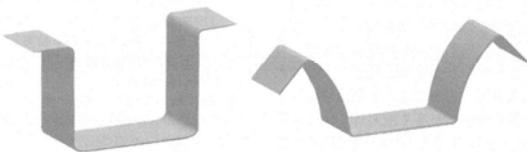


岩谷：プレス技術，42-8(2004)，43

有限要素シミュレーションにおける構成式の影響



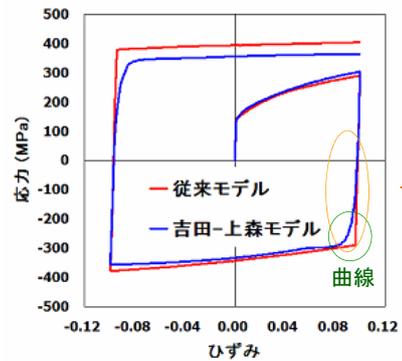
(a) 実験結果 (980MPa 高張力鋼板)



(b) 等方硬化モデル

(c) 吉田・上森モデル

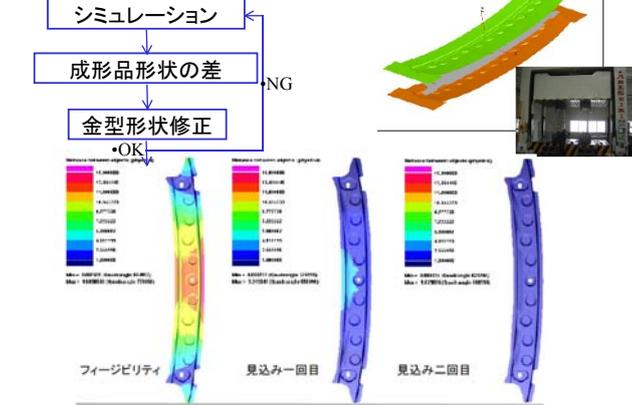
曲げ—曲げ戻しにおける構成式



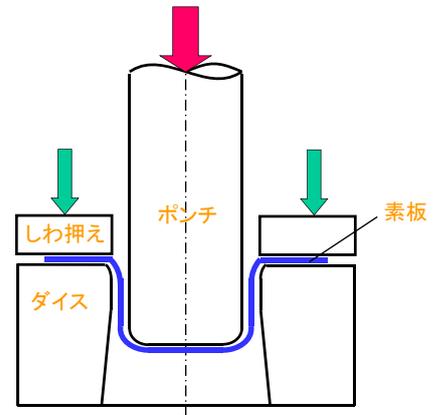
ヤング率の減少

曲線

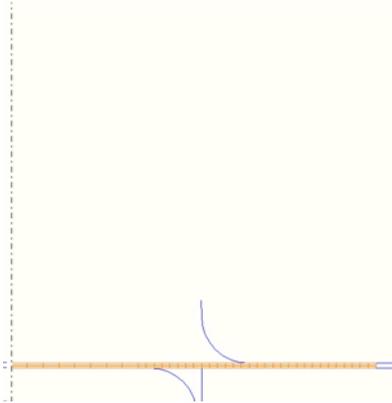
有限要素シミュレーションにおける 金型形状の修正



円筒の深絞り加工



円筒深絞り加工

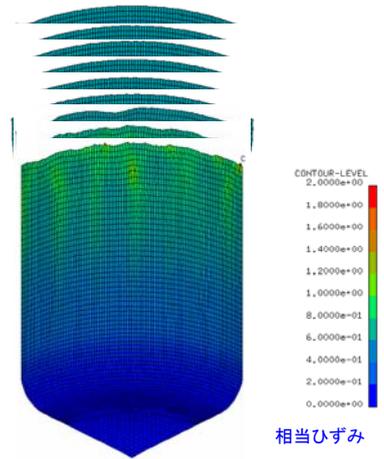


しわ押えなし再絞り加工のしわ解析

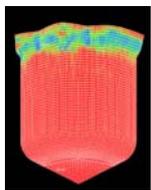


しわ押えなし再絞り加工のしわ

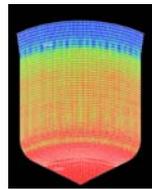
ダイス形状の標準化



相当ひずみ



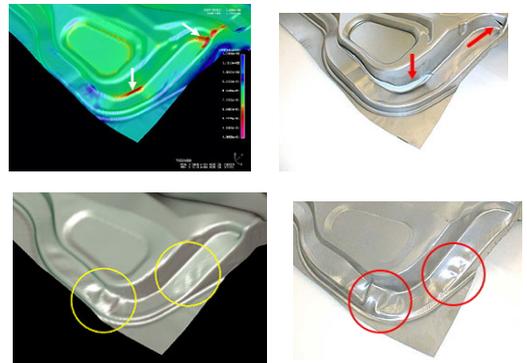
ダイス半角 60°

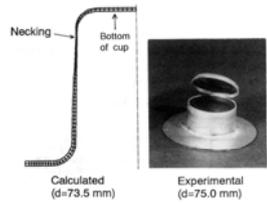


ダイス半角 30°

図 深絞り加工におけるしわの発生

板成形におけるしわと割れの予測

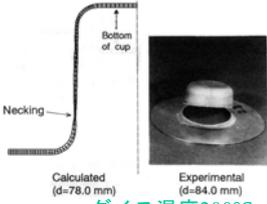




ダイス温度100°C

マルテンサイト変態を考慮したステンレス鋼板の深絞り加工のシミュレーション

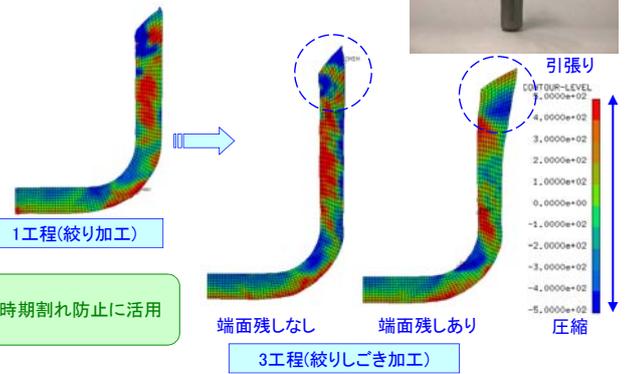
変形・温度・組織変化連成



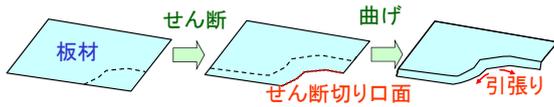
ダイス温度200°C

ステンレス深絞り加工品の残留応力分布(デンソー)

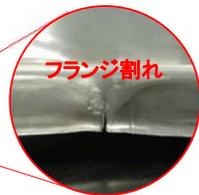
ステンレス深絞り加工品の時期割れ



プレス成形におけるフランジ割れ

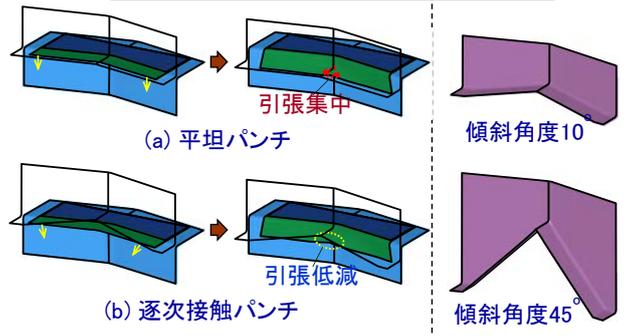


780MPa級・プレス成形部品

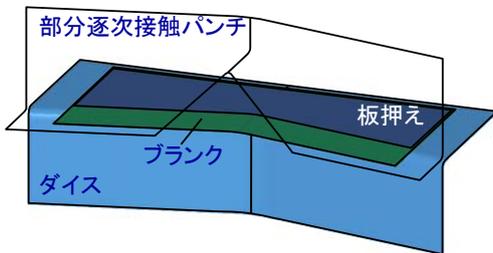


フランジ割れ
板材端部で発生する引張応力による割れ

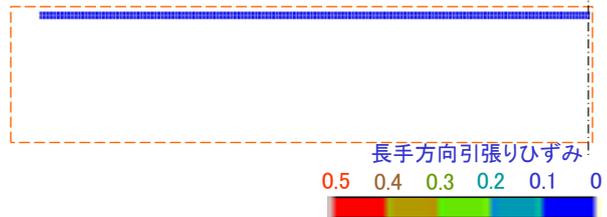
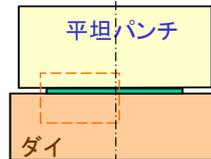
部分逐次接触パンチによる伸びフランジ成形性の向上



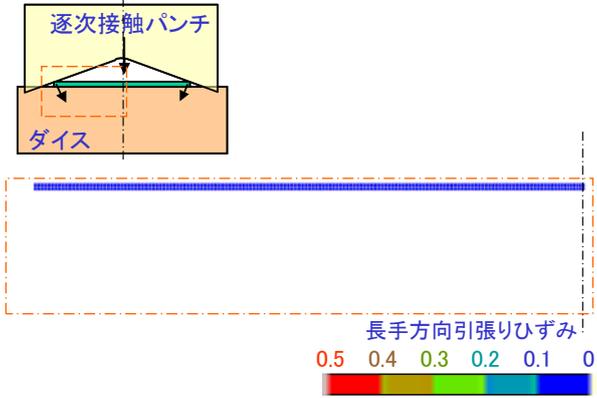
部分逐次接触パンチによる伸びフランジ曲げ成形



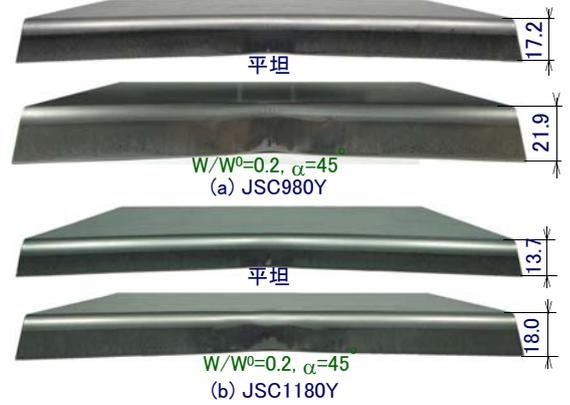
平坦パンチによる長手方向の引張りひずみ分布 (JSC780, $\alpha=0^\circ$, L=18mm)



逐次接触パンチによる長手方向の引張りひずみ分布
(JSC780, $\alpha=10^\circ$, $W/W_0=1.0$, $L=18\text{mm}$)

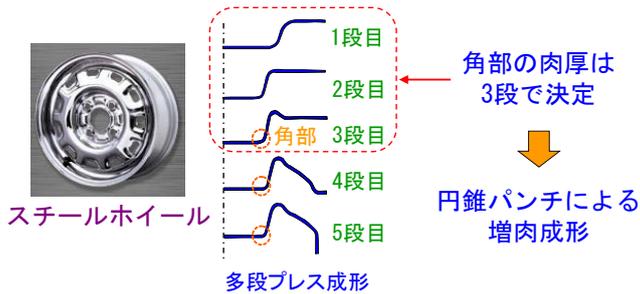


実験における部分逐次接触パンチによる
最大製品高さの向上

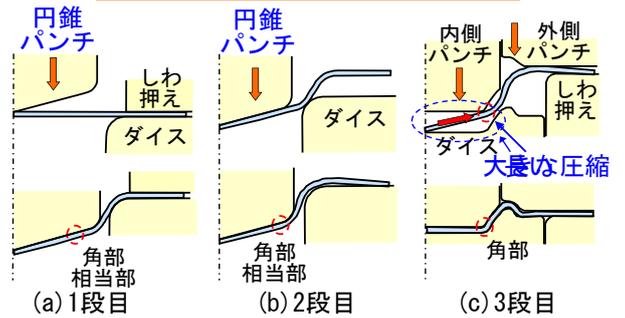


フランジ付き多段絞り容器角部の増肉成形

角部の肉厚は製品強度に大きく影響

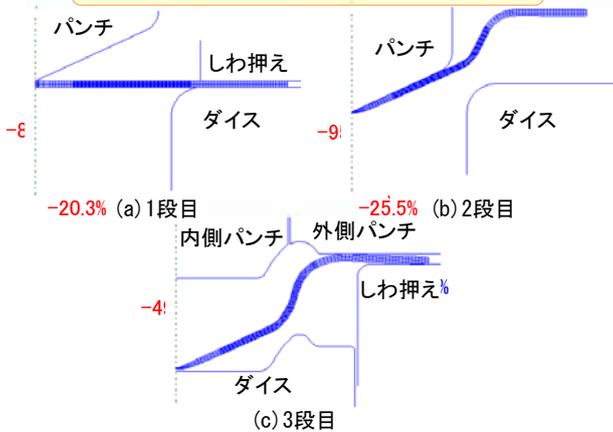


円錐パンチによる増肉成形法

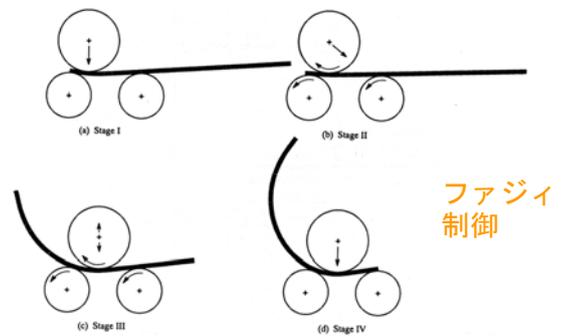


最適な加工条件を求める
円錐パンチ角度, 絞り体積

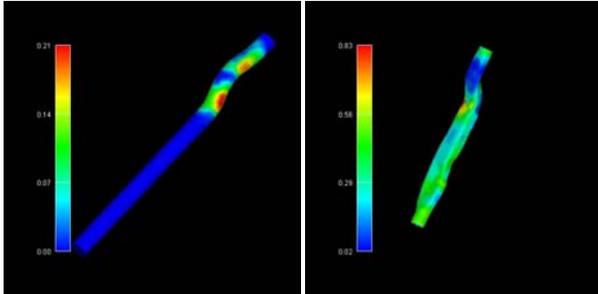
変形挙動 ($\theta=25^\circ$, $V=7800\text{mm}^3$)



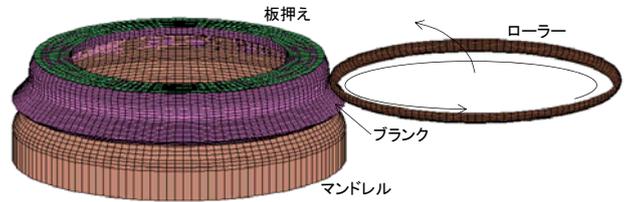
3本ロール曲げ加工の
制御FEMシミュレーション



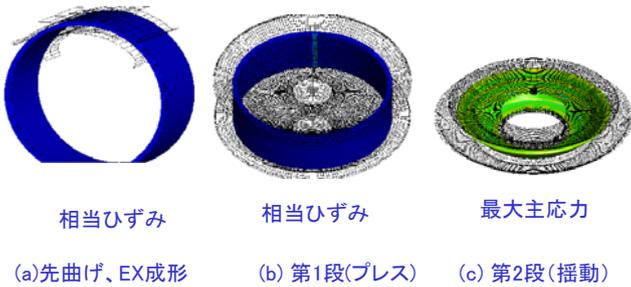
曲げ加工と hidroforming



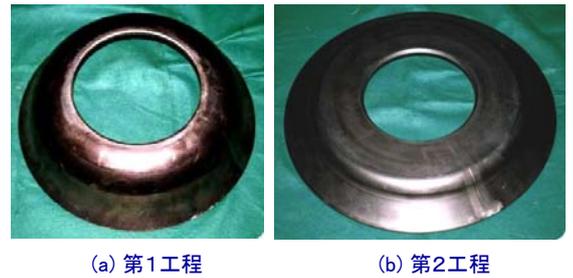
スピニング加工



ディスクの揺動成形



シミュレーションで得られた最適条件で成形したディスク



アルミニウム合金板の接合

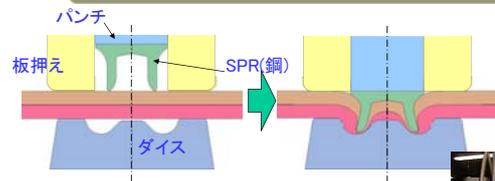


アルミニウム: 溶接性が低い

セルフピアシングリベット



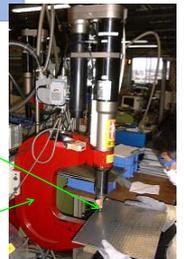
セルフピアッシングリベット



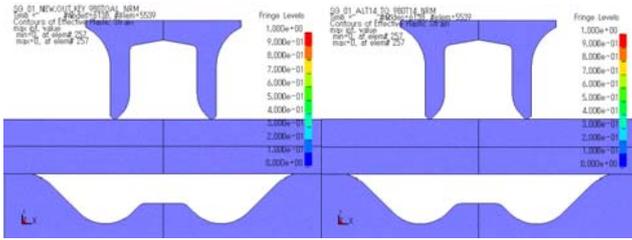
<工法のメリット>

- ・板にSPRを打込み、機械的に結合
- ・穴あけ不要
- ・溶接の難しい材料の締結
- ・異種材料の締結

接合部
Cフレーム



有限要素シミュレーション



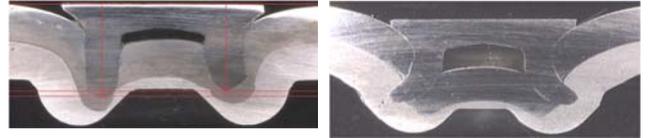
(a) 上板 **SPFC980** t1.4,
下板 **A5052** t1.5

(b) 上板 **A5052** t1.5,
下板 **SPFC980** t1.4

ダイ形状の最適化

曲面ダイ

テーパダイ形状

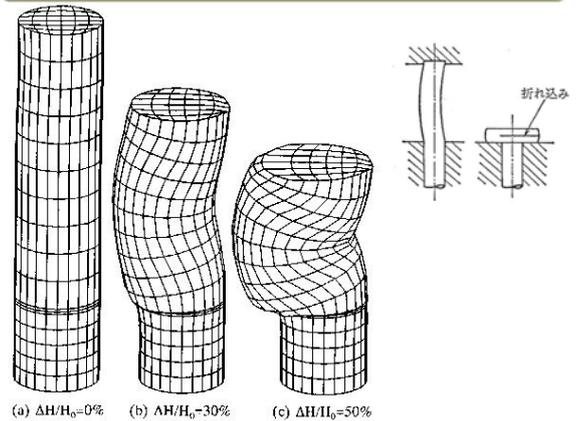


上板: SPFC980, 1.4mm, 下板: A5052, 1.5mm

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



(a) $\Delta H/H_0=0\%$ (b) $\Delta H/H_0=30\%$ (c) $\Delta H/H_0=50\%$

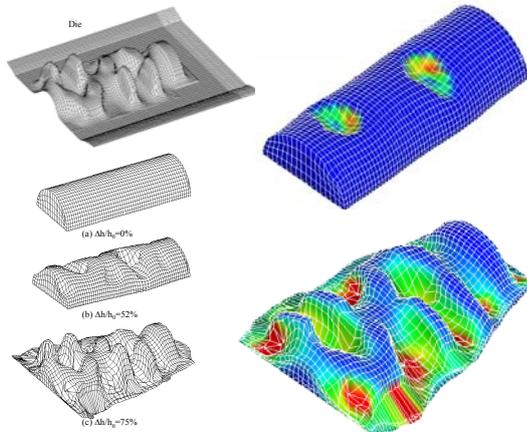


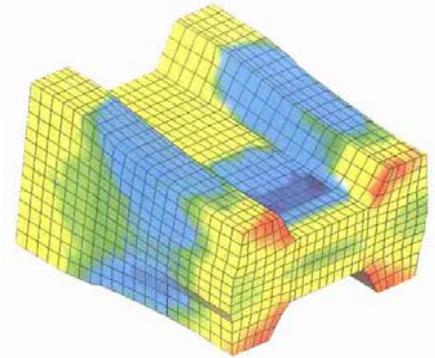
図 クランクシャフトの3次元鍛造



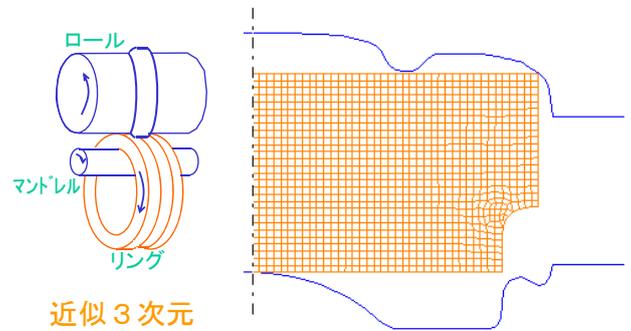
図 多段押し出し加工におけるシェブロンクラック

H形鋼の3次元孔型圧延

3次元変形
の取扱い



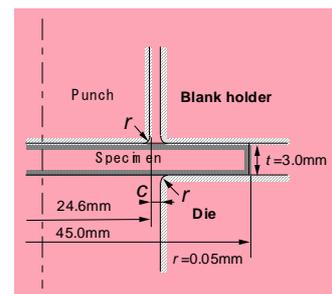
リングローリング加工



— 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

割れ



— 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