

型変形を考慮したスプリングバック解析の取り組み

鈴木工業株式会社

CIM推進室

鈴木修一

- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- 過去の型変形解析の手法
- 型変形カップリング解析の手法
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- 結論と今後の課題

- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- 過去の型変形解析の手法
- 型変形カップリング解析の手法
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- 結論と今後の課題

- 鈴木工業株式会社

- 所在地 : 本社工場 群馬県太田市西新町135-8
尾島工場 群馬県太田市阿久津99
- 創業 : 昭和39年5月
- 資本金 : 1000万円
- 従業員数 : 30名



- 主要設備

- メカプレス : 2000 × 3500 1000t 1台
- : 1500 × 2200 400t 1台
- 油圧プレス : 2500 × 4500 1000t 1台
- 三次元測定器 2台
- 3D CAD・CAM : CAM-TOOL 6台
- CimatoronE 3台
- thinkdesign 1台
- Space-E 1台
- CAE : PAM-STAMP



- 解析への取り組みの歴史
 - 2002年 PAM-STAMP2G導入
 - 2004年 BL展開・スプリングバック解析にも活用
 - 2006年 Die Compensationの使用開始
 - 2011年 型変形解析の取り組みを開始
Y-Uモデル 導入
 - 2014年 群馬産業技術センターと材料試験を開始
 - 2016年 群馬県スプリングバック研究会へ参加
 - 2018年 型変形カップリング解析の取り組みを開始

- 試作・開発の実施体制

群馬県立産業技術センター



独立行政法人 国立高等専門学校機構
群馬工業高等専門学校
National Institute of Technology, Gunma College

黒瀬 教授



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY

上森 準教授

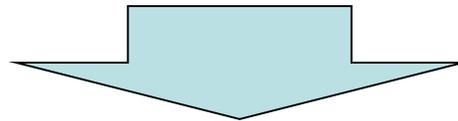


一般財団法人
地域産学官連携ものづくり研究機構

久米原 先生

- 会社紹介
- **型変形を解析する理由**
- 過去の型変形解析の手法
- 型変形カップリング解析の手法
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- 結論と今後の課題

- 高ハイテン化が進むにつれ、プレス成形中に金型にかかる力も増大
 - 金型の弾性変形も無視できないレベルで増加
 - プレス部品の寸法精度に悪影響



- より剛性の高いたわみの少ない型構造が求められている
- 型がたわむことを踏まえたスプリングバック評価も重要

スプリングバックの解析精度向上の取組み

- **CAM-FO型で、加工圧力が解析と異なる？**

群馬産業技術センター・群馬高専 黒瀬教授の協力で
実際のCAM-FO型でひずみゲージによる評価

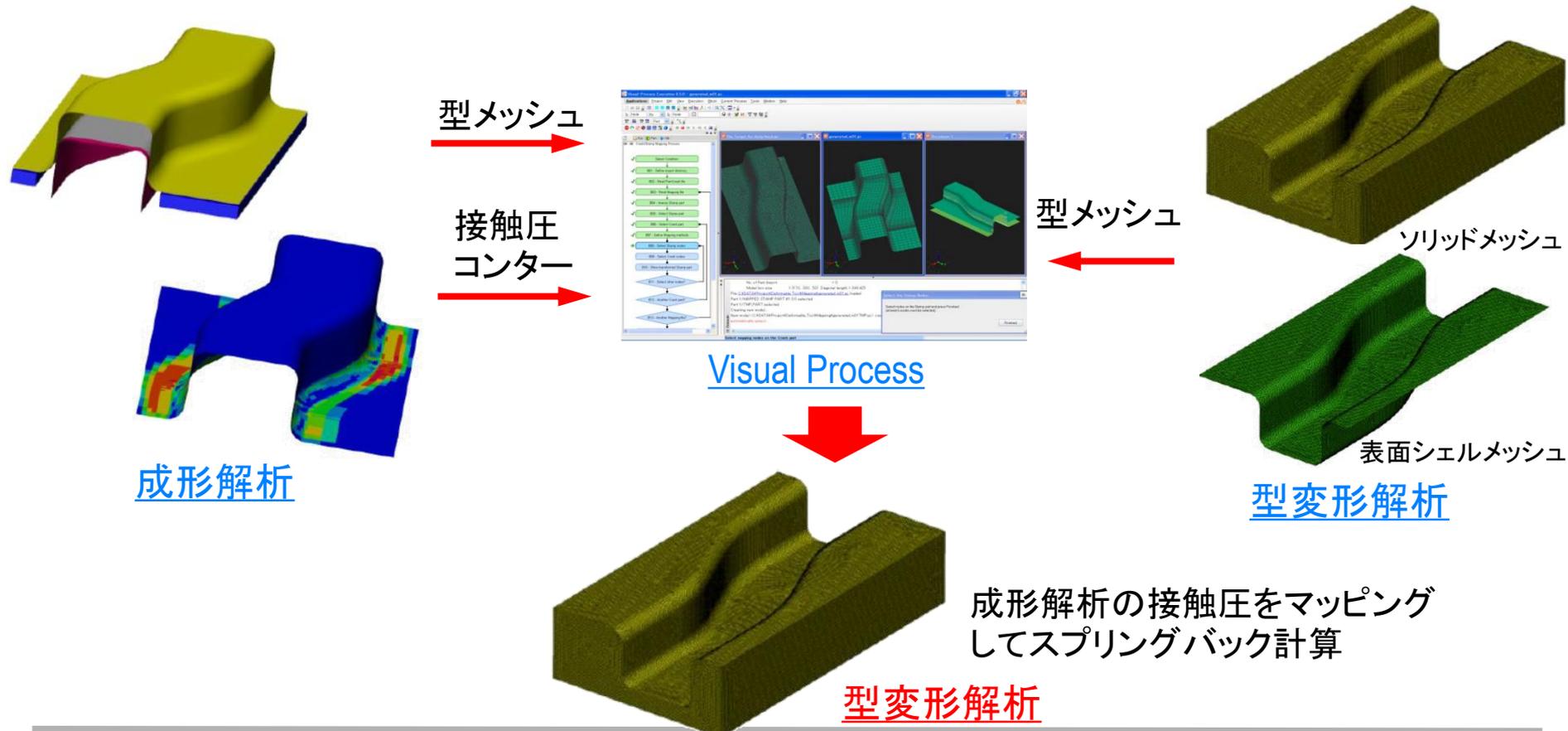
- **材料パラメータの取得の検討**

群馬産業技術センター
岡山大学 上森准教授の協力
材料試験方法の検討



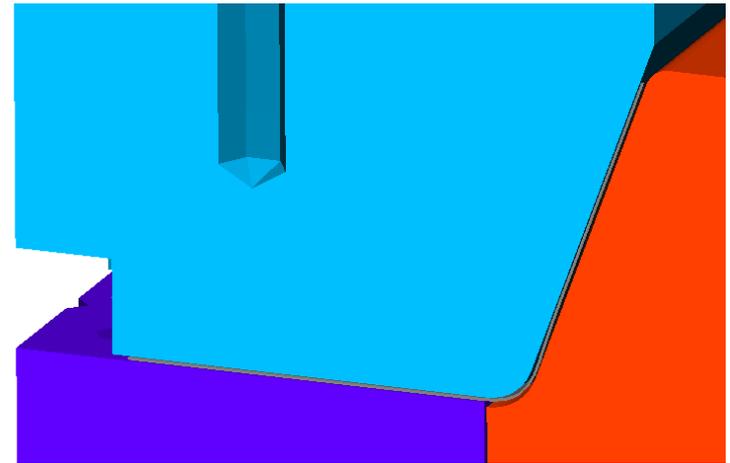
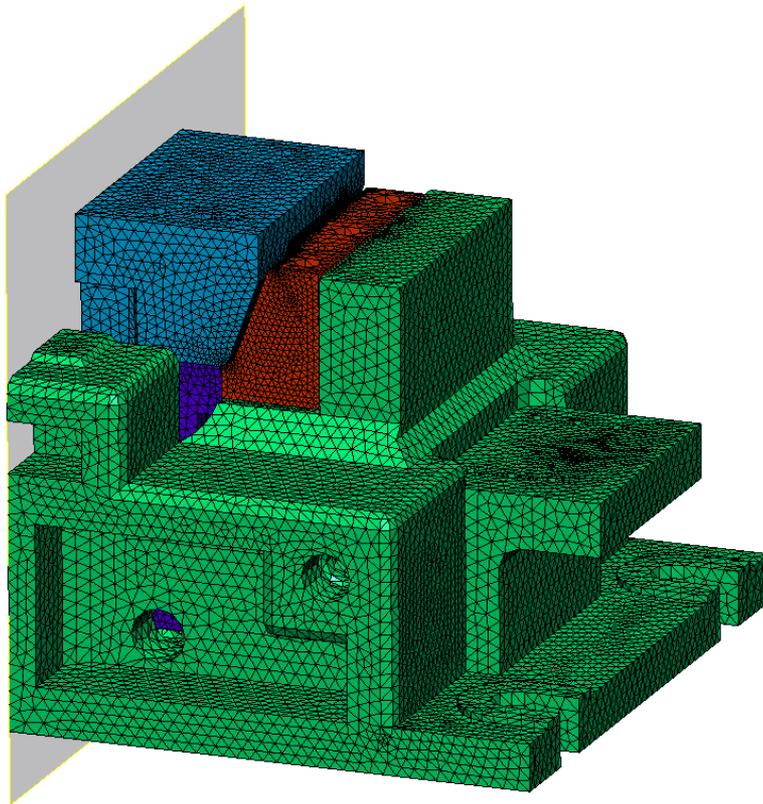
- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- **過去の型変形解析の手法**
- 型変形カップリング解析の手法
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- 結論と今後の課題

- 成形解析（陽解法） → 型変形解析（陰解法）
 - 下死点の接触圧分布を型変形解析に利用



- 成形解析（陽解法） → 型変形解析（陰解法）
 - メリット
 - 下死点における型の変形を解析
 - 型変形解析のソリッドメッシュは、成形解析のメッシュ配列に合わせる必要なし
 - デメリット
 - 成形中の型変形の影響を加味した成形＋スプリングバック評価は不可

- 成形解析 & 型変形解析 (陽解法)
 - 成形解析に用いる型をソリッド要素の変形体として解く



- 成形解析 & 型変形解析 (陽解法)

- メリット

- 成形中の型変形の影響を加味した成形＋スプリングバック評価が可能

- デメリット

- 型表面は成形解析に適したメッシュ品質 (R部は非常に小さいサイズ) にする必要あり
 - タイムステップが非常に小さくなる
 - ソリッド要素数が増加する
 - ソリッドメッシング工数が増える

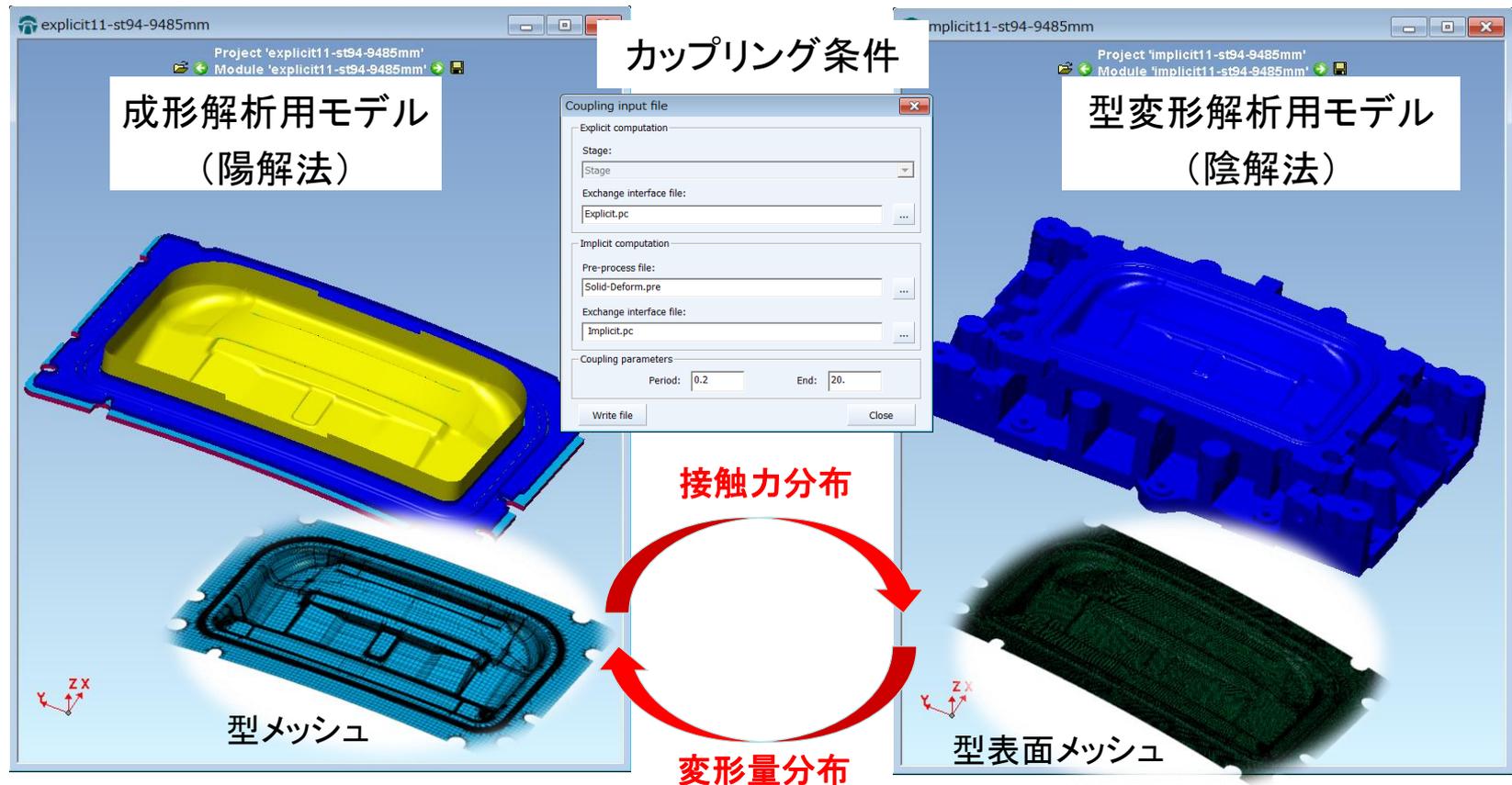
→ 計算時間の長大化

前ページモデルの計算時間: 130分
(10mm手前からソリッド型を使用)
成形解析のみでは1分20秒

- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- 過去の型変形解析の手法
- **型変形カップリング解析の手法**
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- 結論と今後の課題

- 成形解析（陽解法） ⇔ 型変形解析（陰解法）
 - 相互に情報交換しながら解析
 - 過去のデメリットを解消した手法
 - 型変形解析のソリッドメッシュは、成形解析のメッシュ配列に合わせる必要なし
 - 計算時間とメッシュ作成工数を大幅削減
 - 成形中の型変形の影響を加味した成形＋スプリングバック評価が可能

- 成形解析(陽解法) ⇔ 型変形解析(陰解法)
- 解析スキーム



- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- 過去の型変形解析の手法
- 型変形カップリング解析の手法
- **型変形カップリング解析検証の第一報**
- 結論と今後の課題

- 解析対象
 - 材料 : 1180MPa級鋼板 t1.2 (実測t=1.22)
 - 材料サイズ : 240mm × 240mm
 - ホルダーストローク : 40mm
 - ホルダー圧 : 20kN



上型側



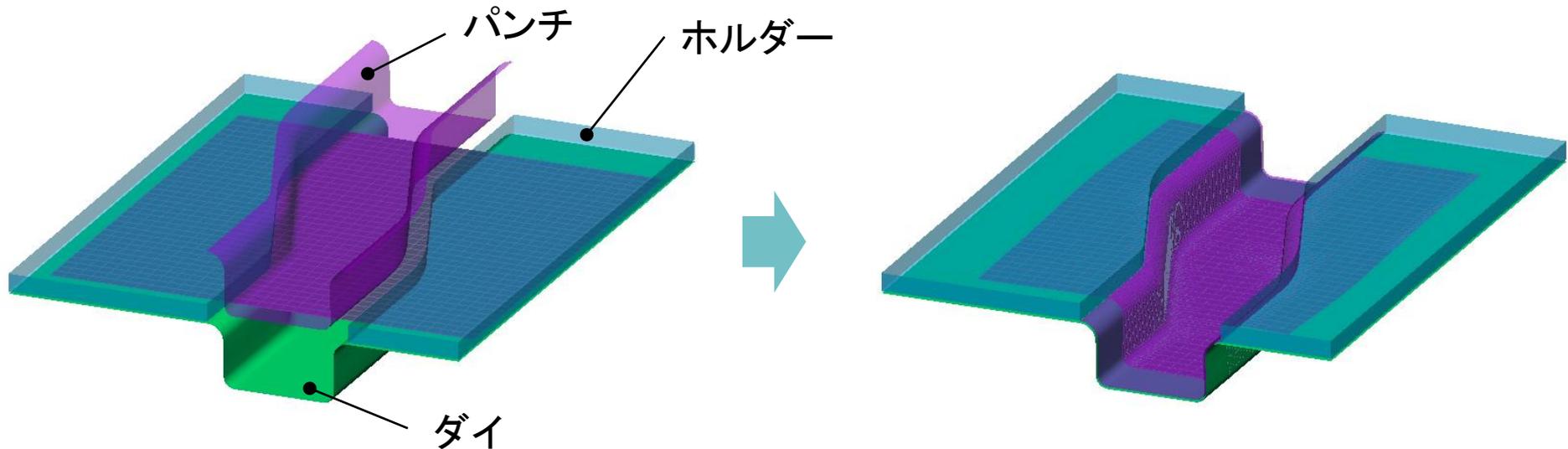
下型側



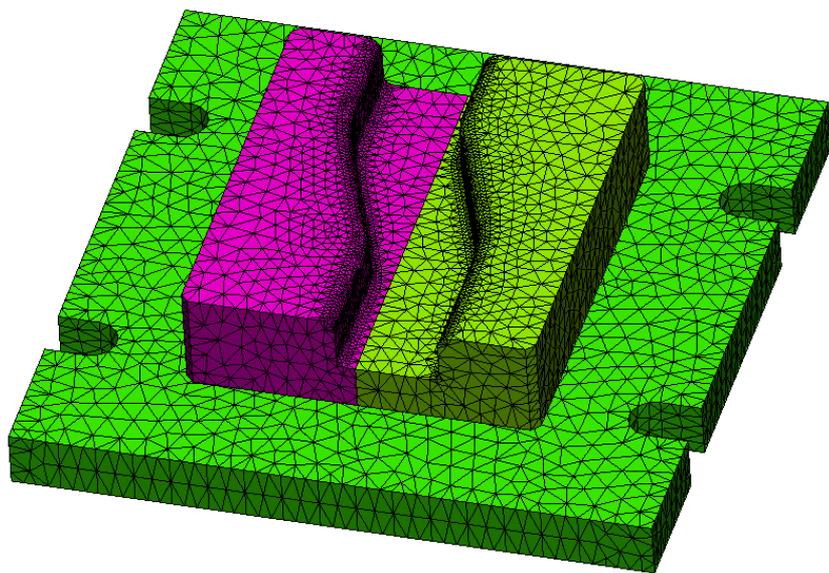
ブランク

成形解析の条件

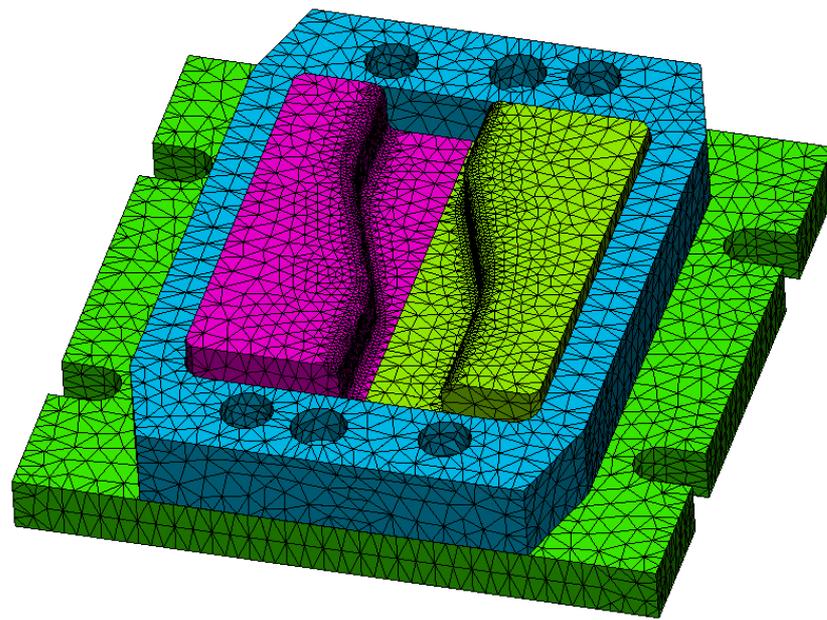
- 板厚は実測の $t1.22\text{mm}$
- 金型クリアランスは実機と同じ 1.2mm
- 1180MPa級鋼板のサンプル物性(吉田モデル)を使用
- ブランク最小メッシュサイズ 1.4mm
- TTSシェルを使用



- 型変形解析の条件
 - 変形が大きいと予測されるダイ側のみソリッドメッシング
 - ダイの開きを防ぐ補強プレート有無の2パターンを実施
 - ソリッド要素サイズ： 最小部3mm、最大部20mm

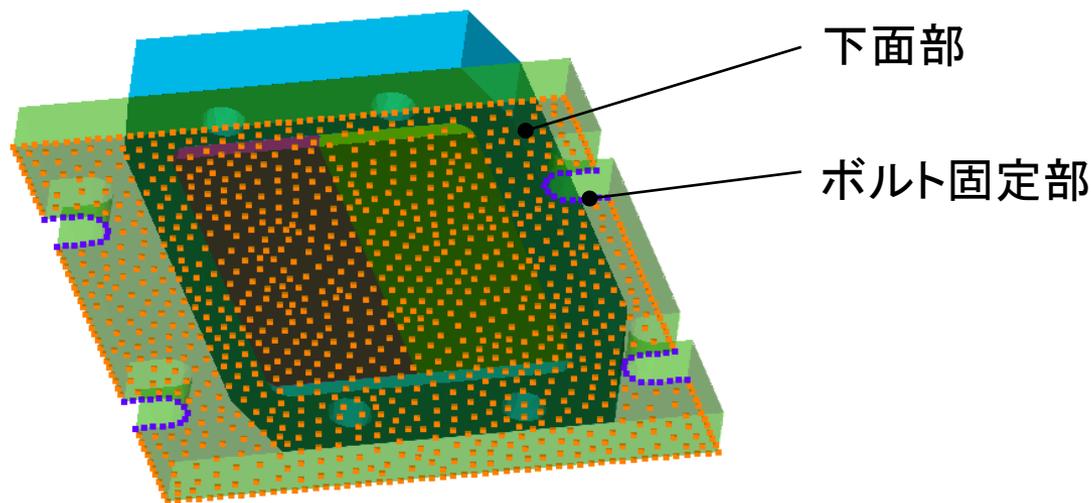


補強プレート無し



補強プレート有り

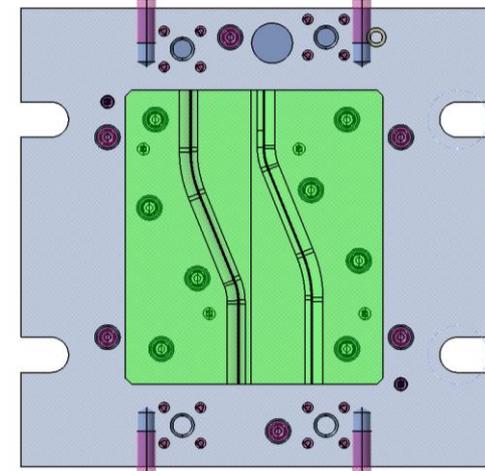
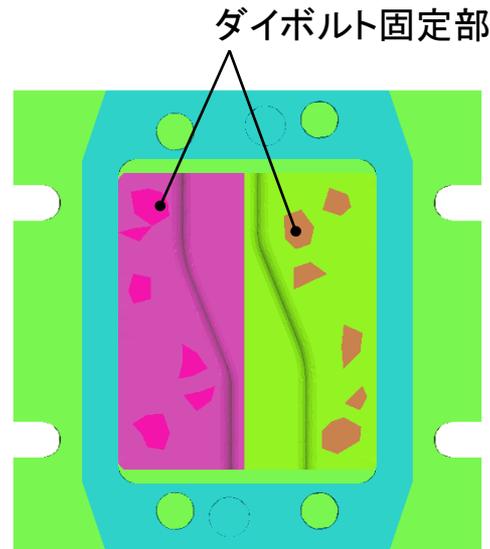
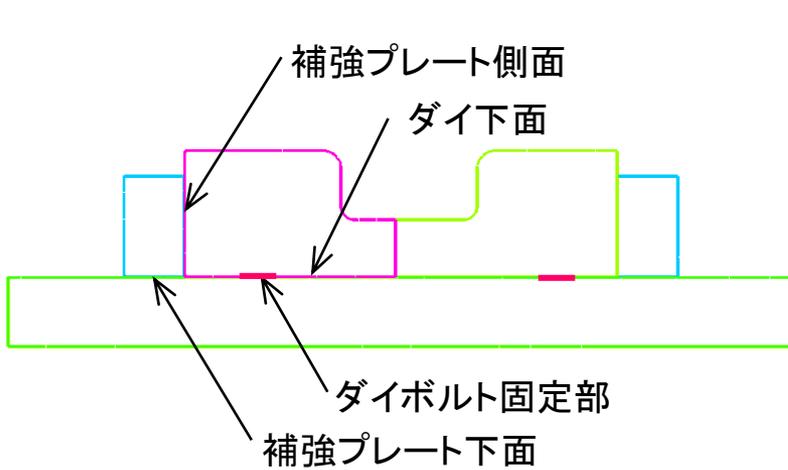
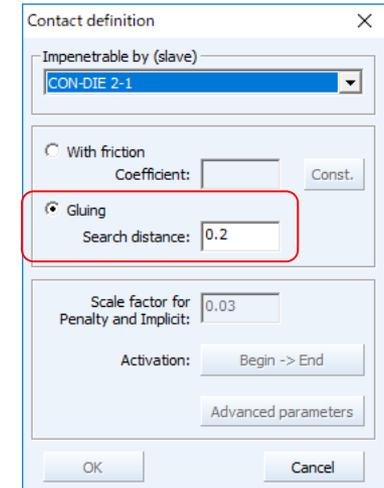
- 型変形解析の条件
 - 拘束条件
 - 下面部: 上下移動固定
 - ボルト固定部: 完全移動固定



型変形解析の条件

接触条件

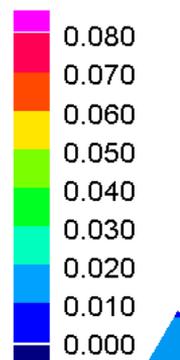
- ダイ下面 : 摩擦係数0.12
- ダイボルト固定部 : Gluing (接着)
- 補強プレート下面・側面 : Gluing (接着)



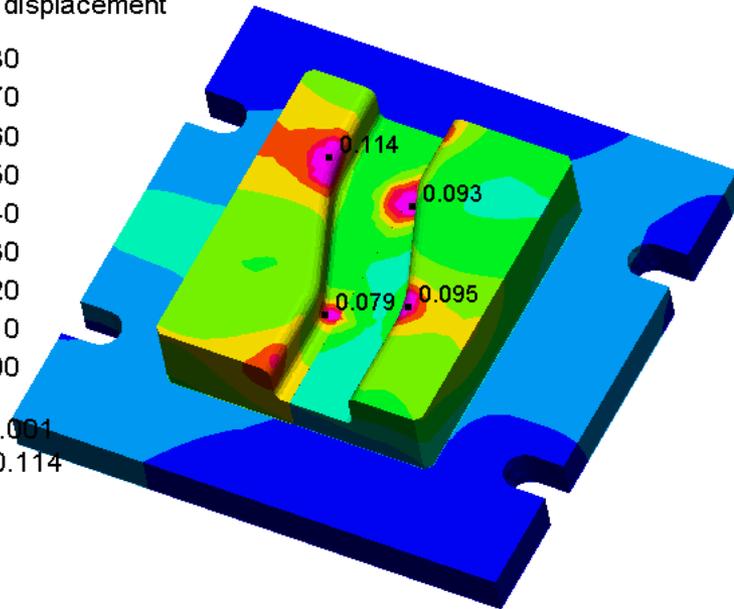
● 金型変形量結果

- 最大約0.1mmの変形
- 分布の違いから、補強プレートの効果があることがわかる

Norm of displacement

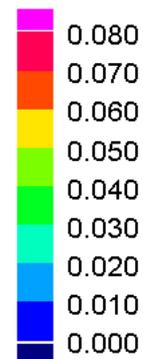


Min = 0.001
Max = 0.114

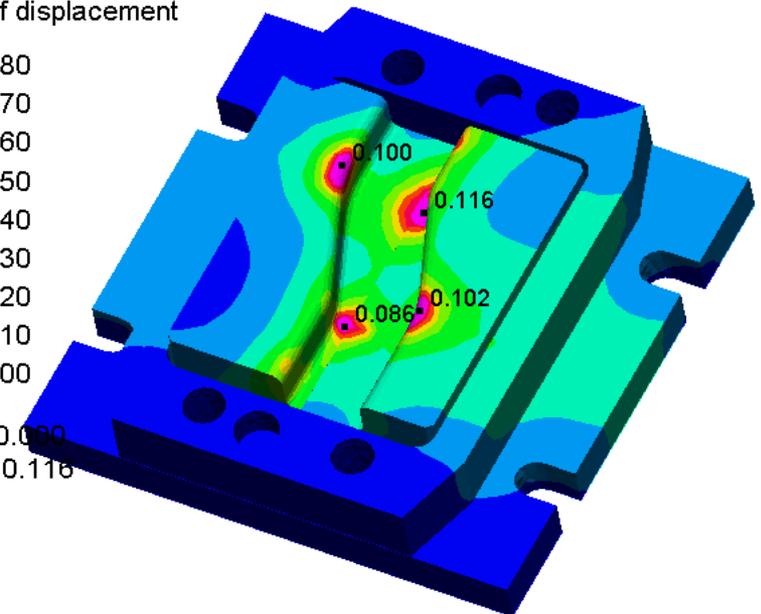


補強プレート無し

Norm of displacement



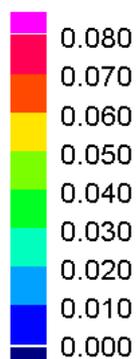
Min = 0.000
Max = 0.116



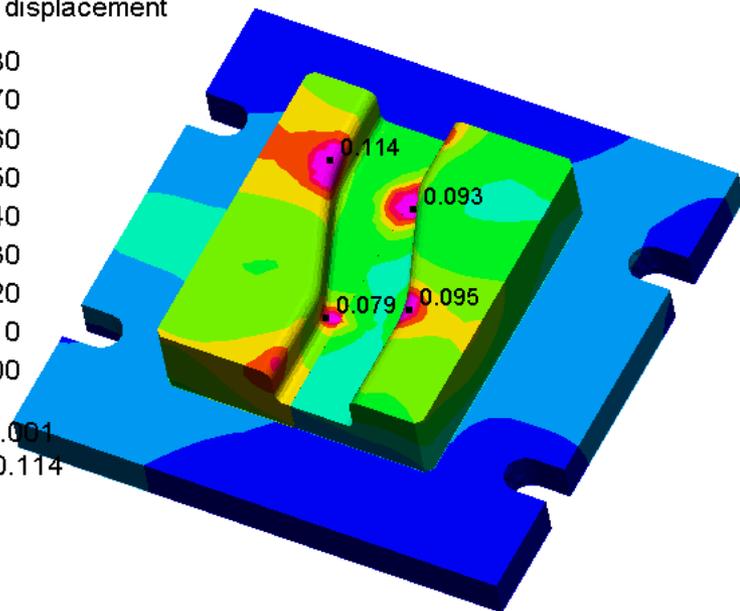
補強プレート有り

- 金型変形の主な要因
 - 変形量の大きいエリアはブランクの板厚増加のエリアと一致

Norm of displacement

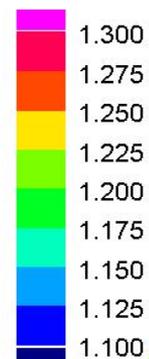


Min = 0.001
Max = 0.114

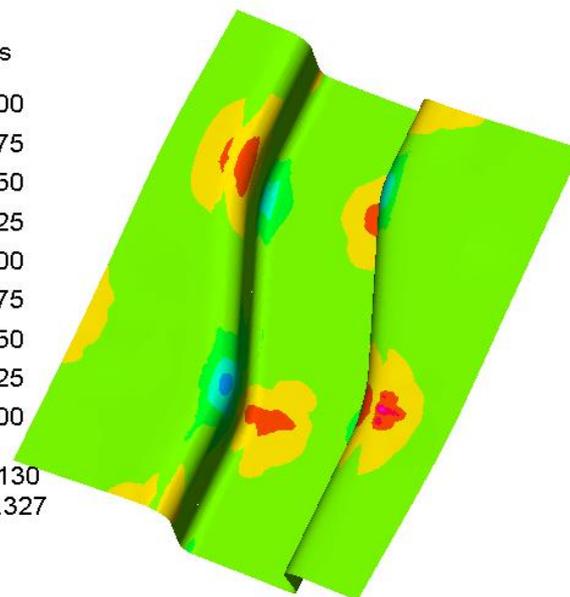


金型変形量

Thickness



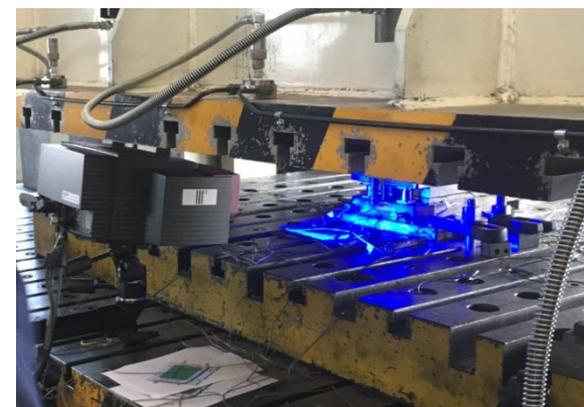
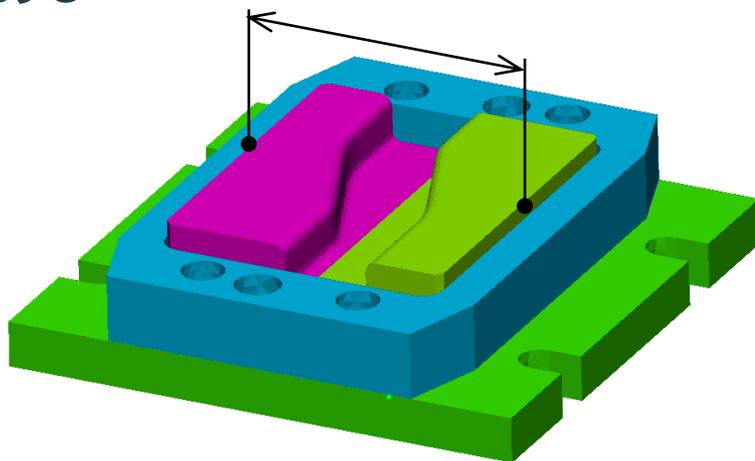
Min = 1.130
Max = 1.327



板厚分布

• 実機との金型変位量の比較

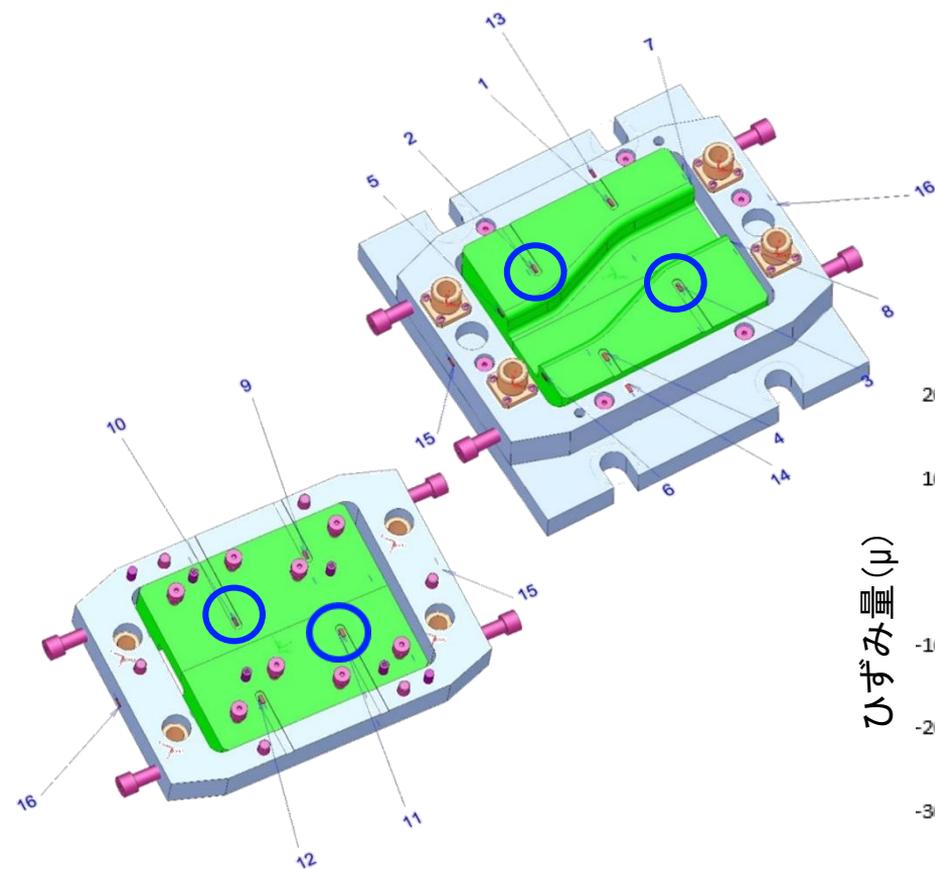
- ダイの開き量を計測
- 補強プレートがある場合はほぼ同じだが、無しの場合は0.19mmの差がある



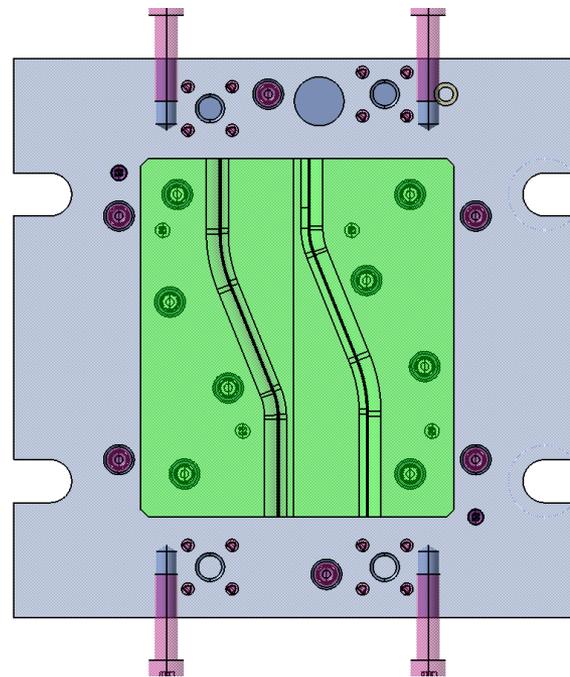
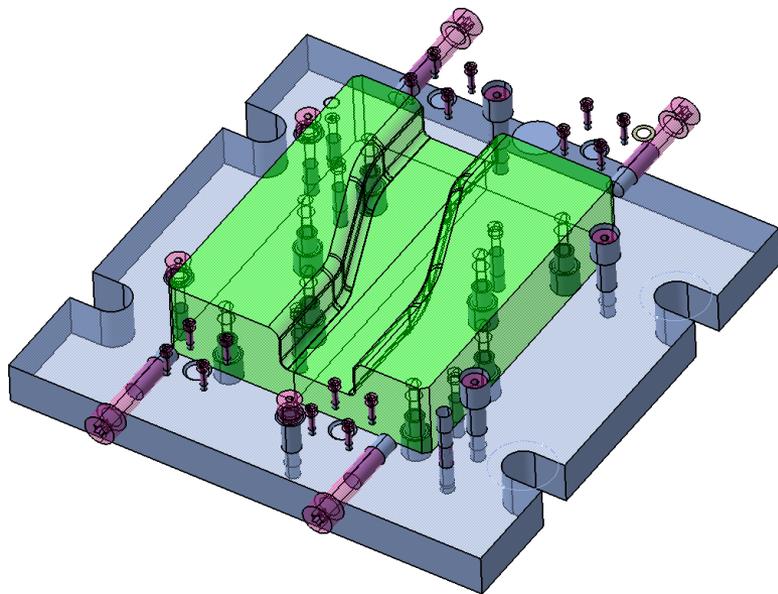
3次元測定機ATOSにより計測

	解析	実機
補強プレート無し	0.13 mm	0.27 mm
補強プレート有り	0.03 mm	0.04 mm

- 実機とのひずみ量の比較
 - 実機と解析とで傾向が異なる

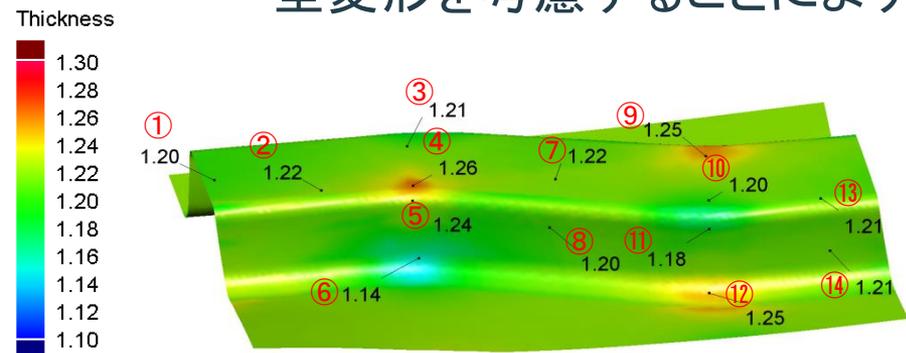


- 変位量およびひずみ量が異なる要因の推測
今回の設定では、ボルト・ノックで固定している部分が解析できていない

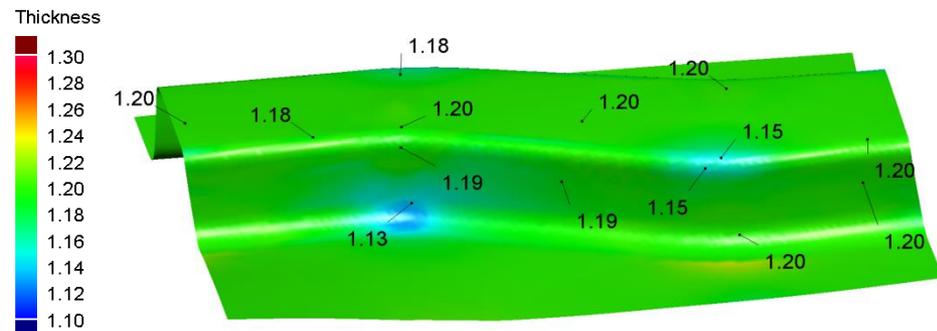


● 実機との板厚比較

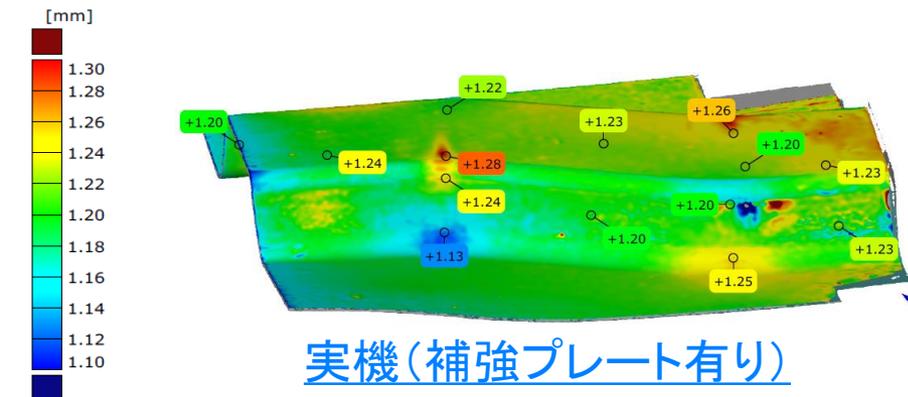
- 型変形を考慮することにより、大部分の測定ポイントが実機に近づく



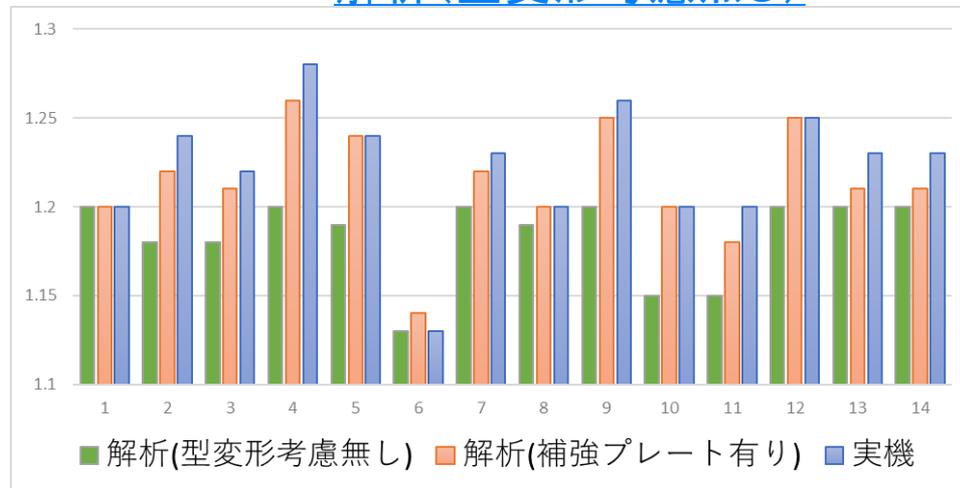
解析(補強プレート有り)



解析(型変形考慮無し)

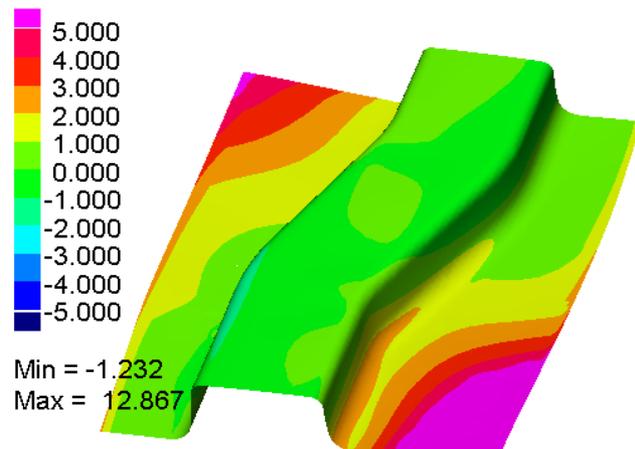


実機(補強プレート有り)



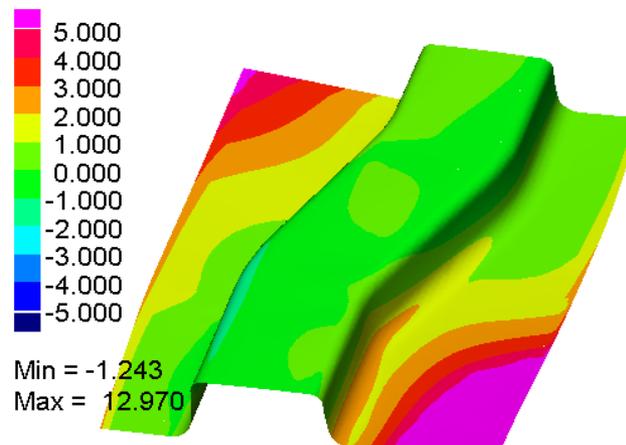
- スプリングバック量結果
 - 補強プレート有無でほぼ同じ
 - 型変形を考慮しない場合と比較すると、分布に違いがある

Distance between objects (Shell mid plane)



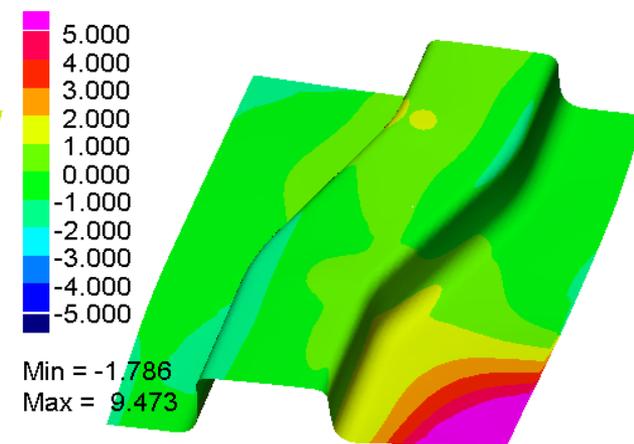
補強プレート無し

Distance between objects (Shell mid plane)



補強プレート有り

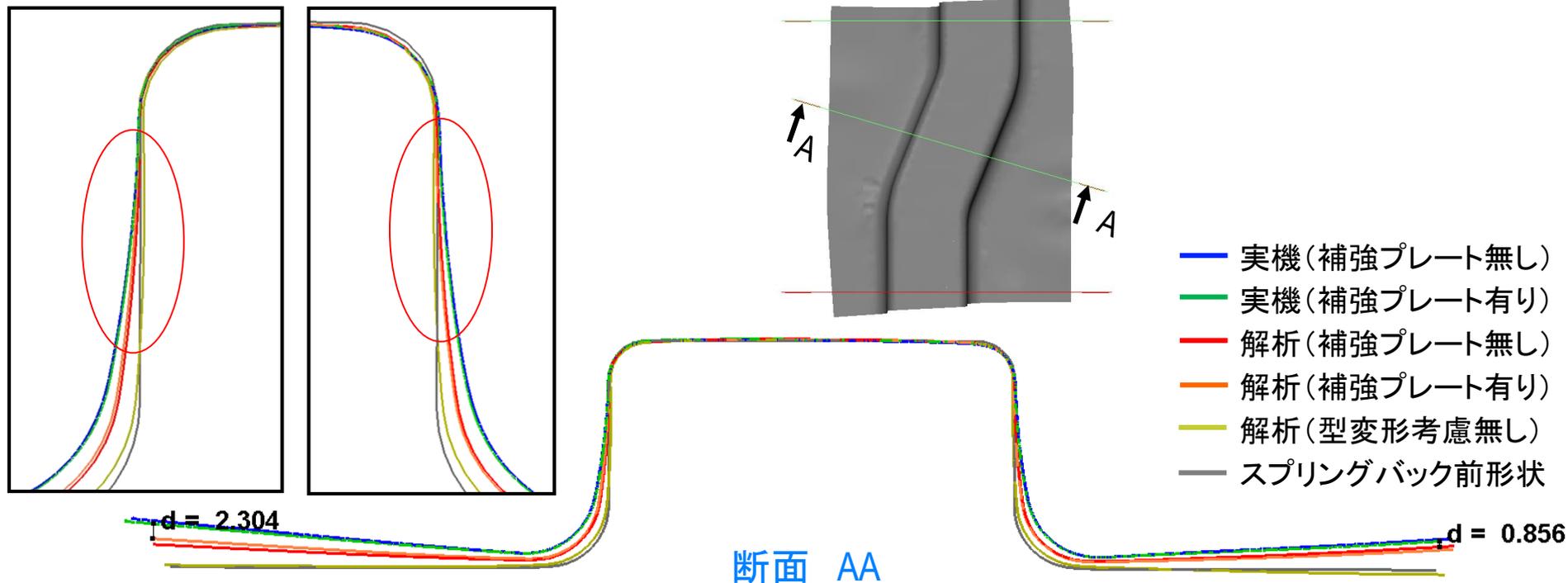
Distance between objects (Shell mid plane)



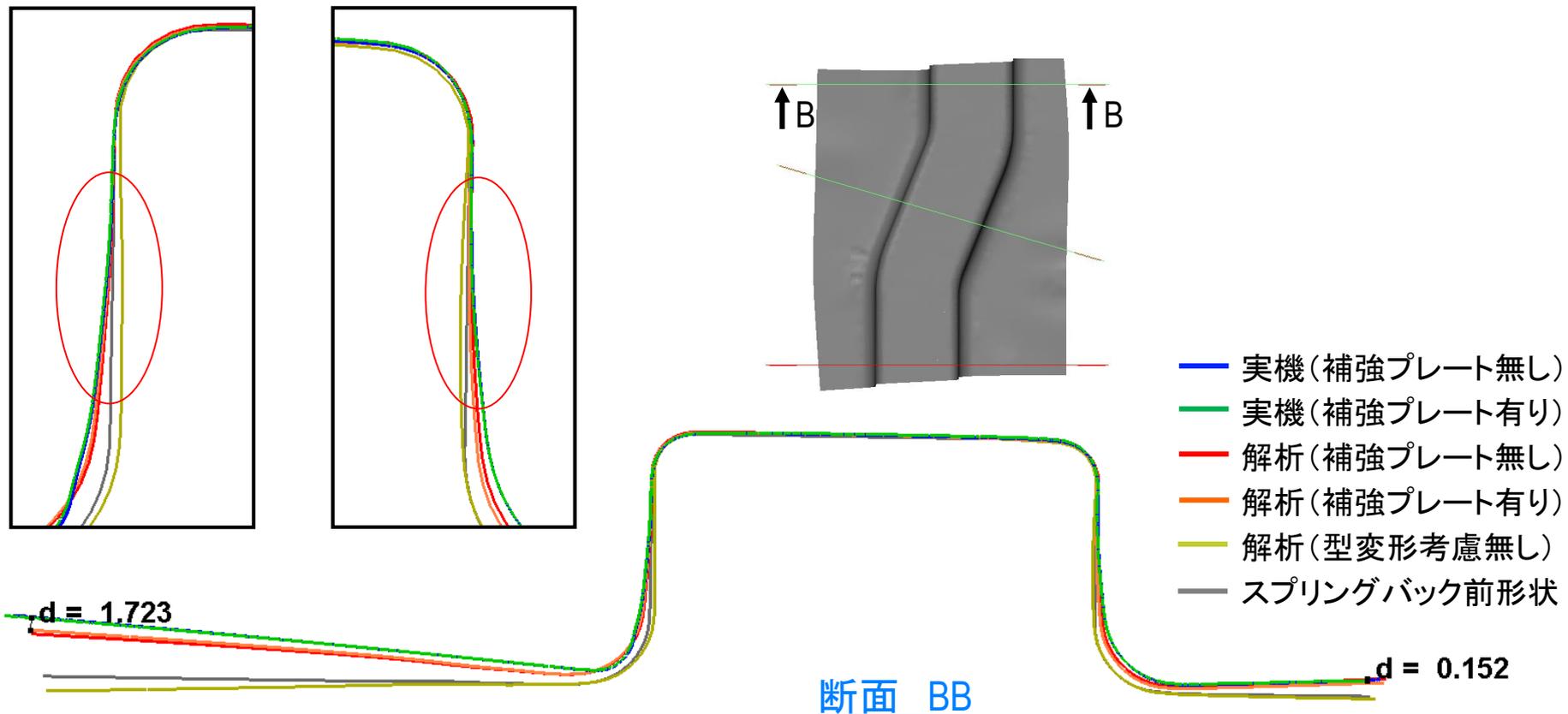
型変形考慮無し
(工具間クリアランス +5%)

• 実機とのパネル形状断面比較(断面AA)

- 型変形を考慮することにより、縦壁の反り、フランジの跳ね量とも実機に近づく
- 実機、解析とも補強プレート有無の影響が非常に小さい

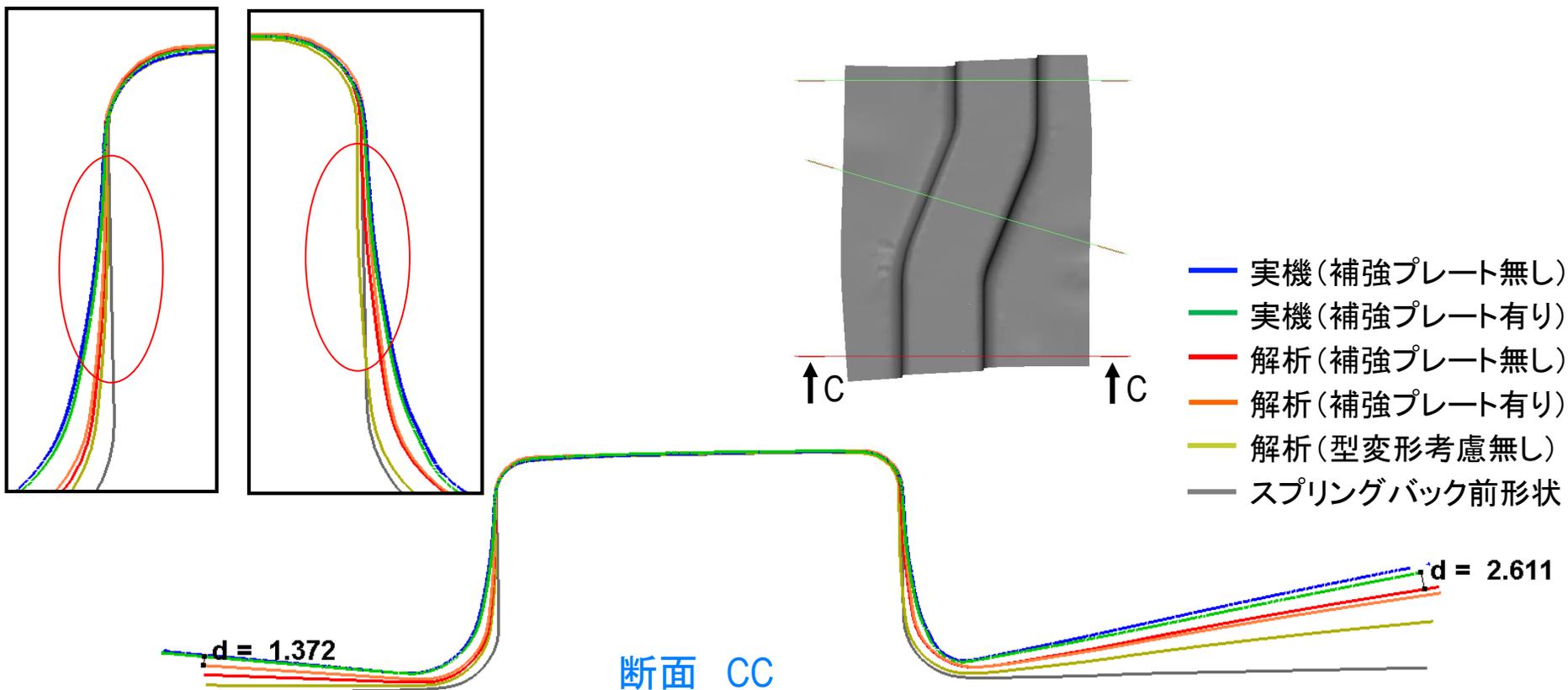


- 実機とのパネル形状断面比較(断面BB)
 - 断面AAと同様



- 実機とのパネル形状断面比較(断面BB)

- 断面AAと同様



- 本モデルの計算時間
 - 型変形を考慮しない場合と比較して、十分実用的な計算時間と言える

※4コアDMPIにより計算

	補強プレート無し	補強プレート有り	型変形考慮無し
ストローク量	40 mm		
ブランク要素数 (下死点)	約 1 万 6 千		
ソリッド要素数	3万	3万8千	—
計算時間	40分	43分	28分
型変形考慮無しとの計算時間比率	1.43	1.54	1

- 会社紹介
- 型変形を解析する理由
- 過去の型変形解析の手法
- 型変形カップリング解析の手法
- 型変形カップリング解析検証の第一報
- **結論と今後の課題**

- 結論

- 型変形を考慮することにより、解析精度が向上
- 計算時間は約1.5倍程度であり、実用的な水準
- 金型の強度がスプリングバックに影響しない

- 今後の課題と要望

- 材料試験による材料特性の取得
- メッシュ作成・ボルト・ノックの固定方法の簡単な設定
- たわみやすいモデル(大きい部品等)やFO型による検証

ご清聴ありがとうございました



<http://www.suzuki-kg.com/>