

中小企業が使いこなし始めた高機能プレス板成形解析「Stampack」

アプライドデザイン(株) 代表取締役 三宅 昌昭

自動車産業のグローバル化の進展に伴い、プレス成形加工では開発リードタイムの大幅な短縮、コスト削減と製品の高精度化が求められている。プレス成形シミュレーションは、大手企業への普及期から最も普及が期待されている中小金型企業での活用が着実に広まって来た。ここでは、2001 年日本で発売開始された Quantech 社高機能成形シミュレーション Stampack の最新の特徴と中小企業での使いこなしの一活用事例を紹介する。

「Stampack」の主な特徴

1. 容易な日本語環境ユーザーインターフェース

開発元の Quantech 社は、1996 年に欧州バルセロナ市に設立され、塑性加工の基礎研究を行う欧州数値解析センター(CIMNE)と製品化を共同開発している。完全日本語化された成形加工専用のプリポストは、3D CAD 機能を標準装備し、形状データの編集や CAD 読み込み時の優れたヒーリング機能を有している。

また、入力された CAD 形状データは、曲率と品質を考慮した自動メッシュが生成され、成形加工専用のツールに定義され、多段工程の設定をアイコンメニューベースで簡単な操作で行うことができる。また、ブランク材料には、実用的な材料データベースが標準で備わっており、ユーザーデータを容易に追加することができる。

2. 高速解析テクノロジー

動的陽解法ソルバーを高速化するために、FEM

の基礎理論定式化での貢献で著名な O.C.Zienkiewicz 博士のもとで開発された独自の薄板要素(ローテーションフリー-BST 要素)を内蔵している。これは、シェル要素節点自由度の回転自由度の項を移動変位自由度の項の中に等価に組み込み定義することにより、解析精度を維持した上で、連立方程式を半減化することが出来る¹。この優れた独自の機能により、動的陽解法ソルバー製品の中では、最も高速な解析ソルバーとなっている。

3. メカニカル・フォーミング(多段工程解析)

ワンステップ解析では、プレス製品の設計初期段階で、成形性の目安となる概要解析を高速処理することができる。割れとしわの状況把握とブランク展開形状の概要を簡単に解析することができ、金型設計や解析経験の無い初心者にとっても容易な解析である(図-1)。

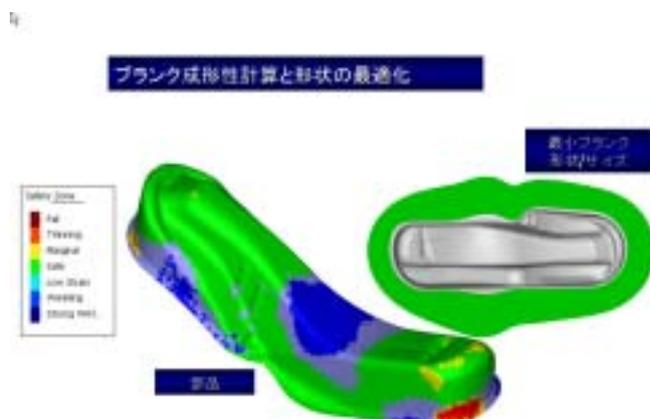


図-1 ワンステップ解析事例

メカニカル・フォーミングは、多段工程の加工の詳細を動的陽解法のインクメンタル（増分）法により金型形状やダイの磨きやしわ押さえ条件などの各種加工条件の詳細を反映し、金型内の材料の挙動を精密に解析するものである。工程の定義に当たっては、現場の詳細加工条件を詳細に反映できる各種の専用ツール群が用意されている。割れ、しわの発生、材料流れ込みの状況把握や、成形機械能力評価のためのパンチツール反力履歴グラフ出力などを行うことができる（図-2）。



図-2 メカニカル・フォーミング解析

4．ストレッチフォーミング解析

ストレッチフォーミングは、ブランク材料に時間変動する引張力や変位量を作用させながら、ダイ形状に押し当て成形する方法である。パンチやホルダー等のツールが不要になるため、金型製作コストが削減でき、多種部品少量生産に適した製造方法であり、航空宇宙産業で多用されている。航空機構造壁のフレーム構造部材や高速鉄道車両の構造フレーム等の加工に多用されている。アルミ系材料が使用されるため、スプリングバックの正確な予測も重要となる（図-3）。

5．ハイドロフォーミング解析

チューブ形状や、板形状に対して、深絞り、成形傷の削減、部品点数の削減などを目的に、時刻歴の液圧力を負荷し、液圧加工を行うことが出来る。特に、航空機産業では、液圧と材料の間にゴム材を介したバーソン液圧工法が使用されている（図-4）。

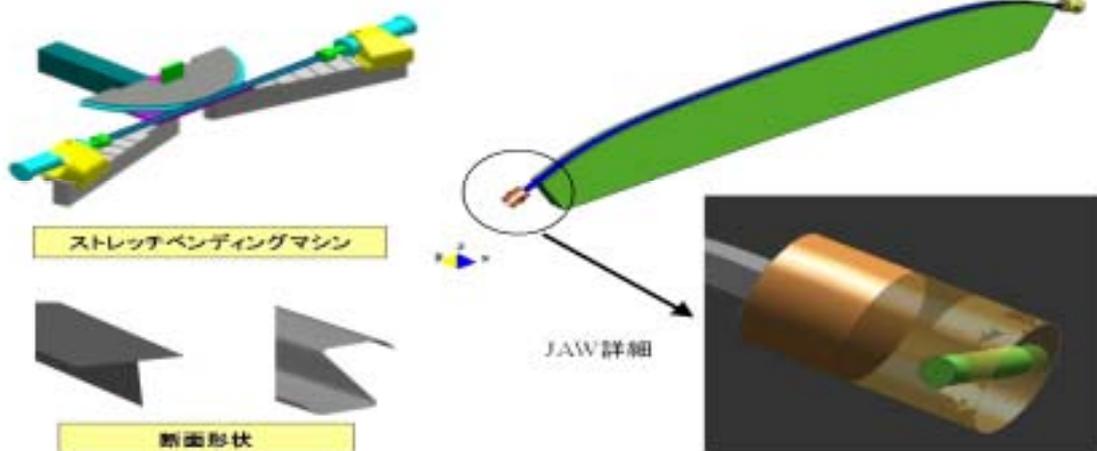


図-3 ストレッチフォーミング解析例

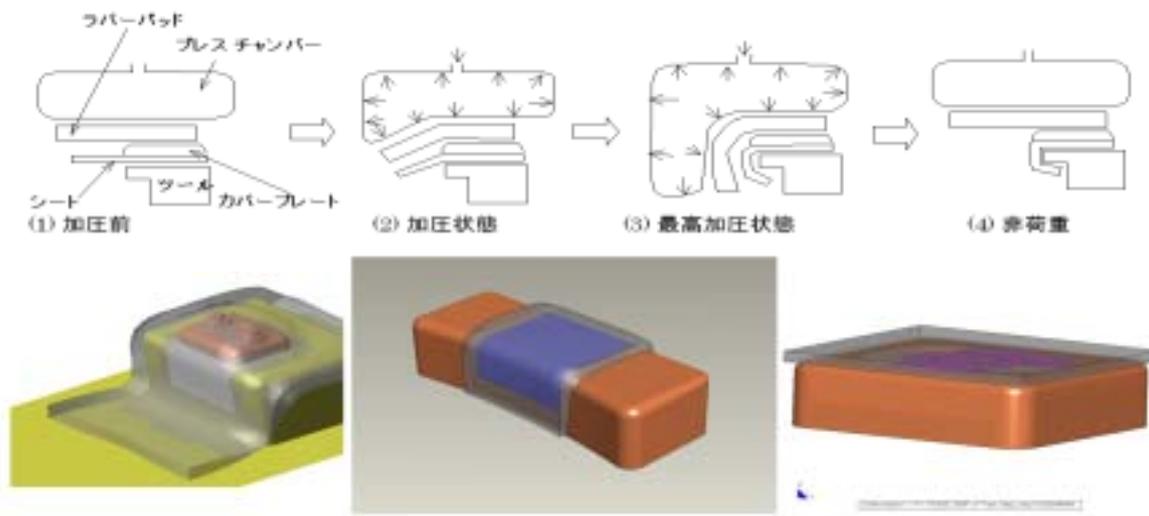


図-4 バーソン液圧加工解析事例

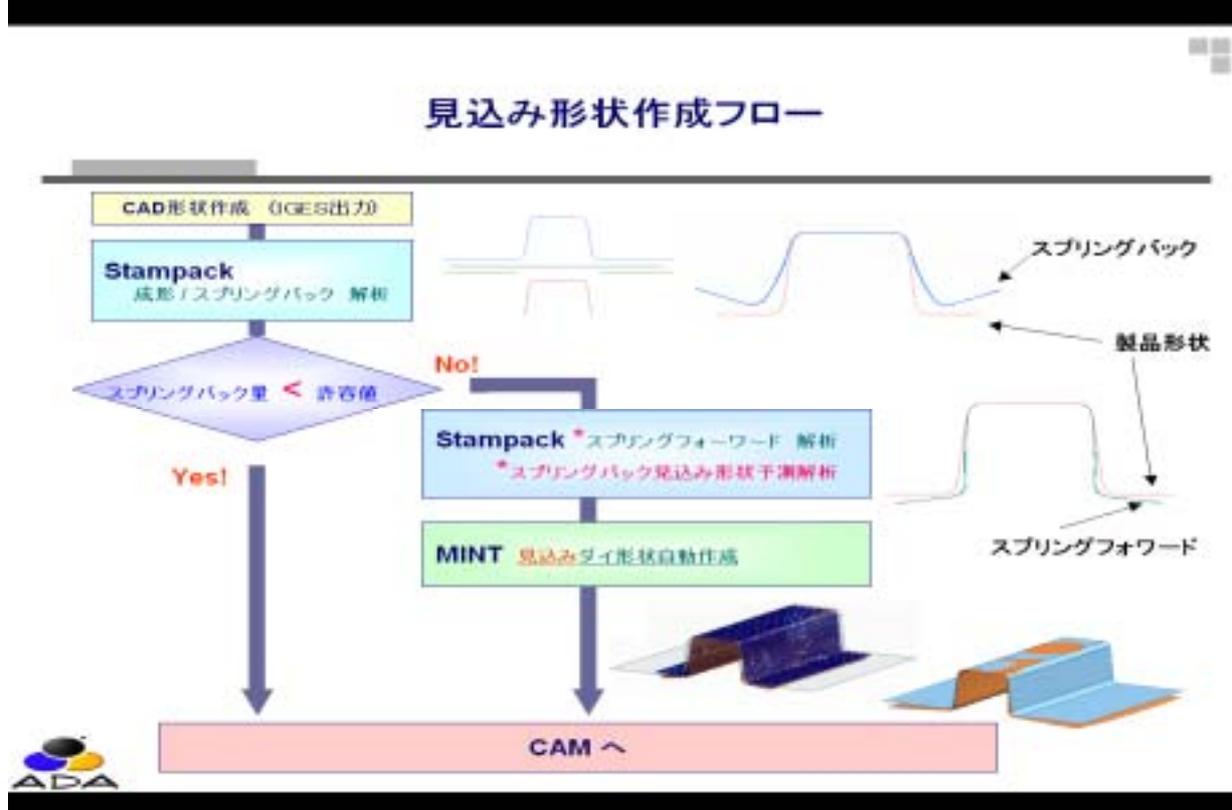


図-5 スプリングバック見込み形状作成フロー

6．スプリングバックとスプリングフォワード解析

最近の自動車衝突時剛性の強化と軽量化のニーズを満足するために、ハイテン鋼材の使用割合がますます大きくなっている。しかしながら、ハイテン鋼材は、強度が高くなるに比例しスプリングバック(弾性回復)量が大きくなる傾向があり、製品の精度を確保するには、金型製造における試行錯誤のトライが多くなる問題点が発生する。

これを解決するためには、プレス加工プロセスの正確な反映とスプリングバック解析精度の向上が必要である。スプリングバック解析精度向上に関しては、開発元 Quantech 社の基礎研究により、2002 年よりバウジンガー効果を考慮した材料モデルをサポートしており、この考慮によって精度向上の効果があつたことが発表された²⁾。

また、最新のバージョンではスプリングフォワード解析機能が追加され、スプリングバックの形状見込予測ができるようになった。見込形状作成支援ツール MINT を利用し、Stampack 見込形状予測解析結果に基づき金型 CAD 形状を、簡単に大変形させることができる(図-5)。

バック見込の金型 CAD データ作成作業が、解析結果の見込形状予測に基づき一貫して行えるようになり、開発リードタイムの削減につながるものと期待されている。

7．厚板成形解析

従来、板成形解析は一般に薄板材料を解析することを前提に、板材料中立面を利用したシェル要素で行われて来た。厚板材料を正確に解析するために、厚み方向の応力変化を正確に考慮できるソリッド要素を使用できる。自動車部材では、足回りやパワートレイン廻りの部品に厚板部品が多い。Stampack では、材料の板厚方向の応力変化や自己接触などの正確な考慮が可能となる(図-6)。

8．トリム展開ライン最適解析 OptiTrim

トリムラインの展開形状を最適化することで、現場での試行錯誤の多いトリムツール形状定義が容易となり、開発工数の削減に効果が大きい。Stampack OptiTrim は、絞り、トリム、絞りや曲げの工程解析を自動的に繰り返し、ユーザの指定した許容値以内かまたは指定繰り返し回数制限になると、最適化解析が終了する。この場合、詳細な動的陽解法解析を繰り返し実施するので、材料の塑性歪も正確に考慮している。

9．パッケージング解析

パッケージング解析は、アルミ製缶の製造加工をシミュレーションする専用解析である。アルミスラグを後方押し出し加工の多段工程により薄板筒状に

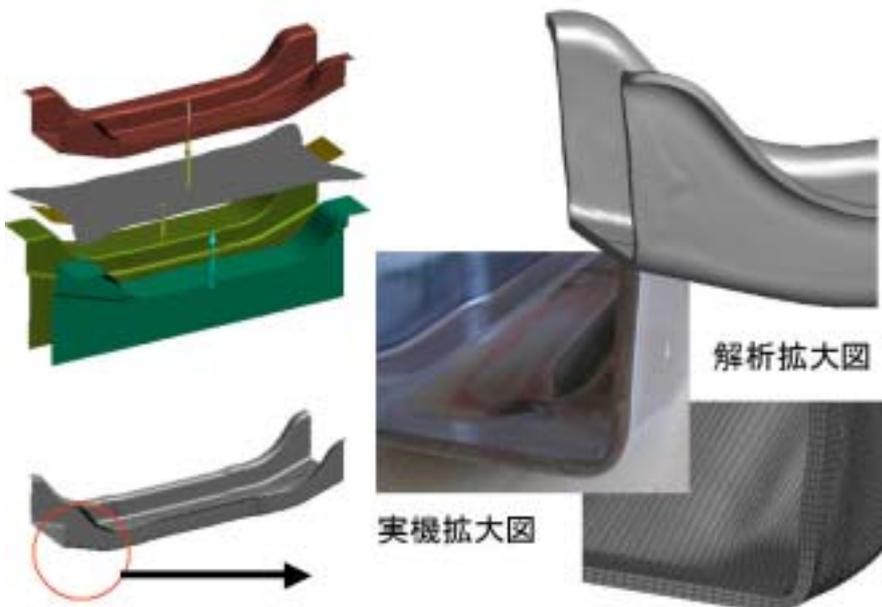


図-6 厚板成形解析例

「中小企業への普及取り組み」

事例1：北部九州地区産学連携研究会³

北九州市立大学と NPO 法人北九州テクノサポートが中核となり、福岡県支援のもと経済産業省人材育成講座「絞り金型設計講座」が、運営されている。この研究会は、2004年北部九州の地元中小プレス金型メーカー約30社が会員となり、北部九州地区における2006年度自動車生産台数100万台達成を目標に、地元中小プレスメーカーへの成形シミュレー

し、さらにネッキングやドーミング加工の多段工程により、飲料缶が加工されるプロセスとなる。割れやしわの問題点を事前に把握することができ、また、缶蓋部分は、専用のシーミング加工解析で、蓋加工の最適条件を求めることができる(図-7)。

10. 最新パラレルCPUのサポート

最新のパラレルCPUのサポートし、さらに高速計算を実現することができる。また、次期主要バージョンでは、更なるハードウェアによる高速化を目指しPCクラスター版の開発も中である。

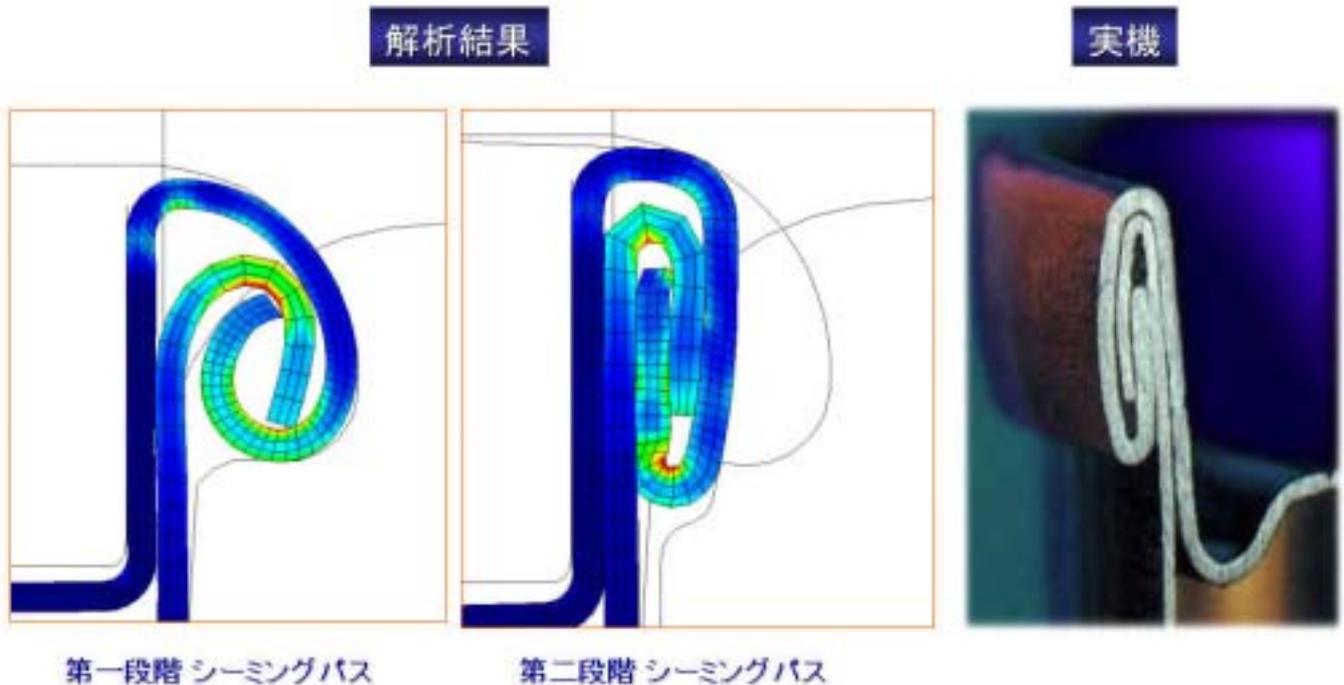


図-7 シーミング加工解析例

ションの啓蒙と普及、解析技術力の向上を目的に発足した。

この活動は、

プレス成形金型設計・製作技術のITの導入による革新(リ・ドタイムの短縮、コストの低減)
熟練技術者の経験と勘の数値化(技能伝承の支援、熟練技術者の養成)

を狙いにしている。この産学連携の研究会活動のフ

レームワークを図-8、9に示す。

会員企業の実機試験結果とStampackでの解析結果を比較検証し、地元中小プレス金型企業の解析技術能力の向上に貢献している。図-10は、多段成形の実機比較検証したマニホールド、また図-11はスプリングバックの見込み形状の実機比較検証を実施したセンターピラーの解析例を示したものである。

産学連携研究会（福岡県支援）

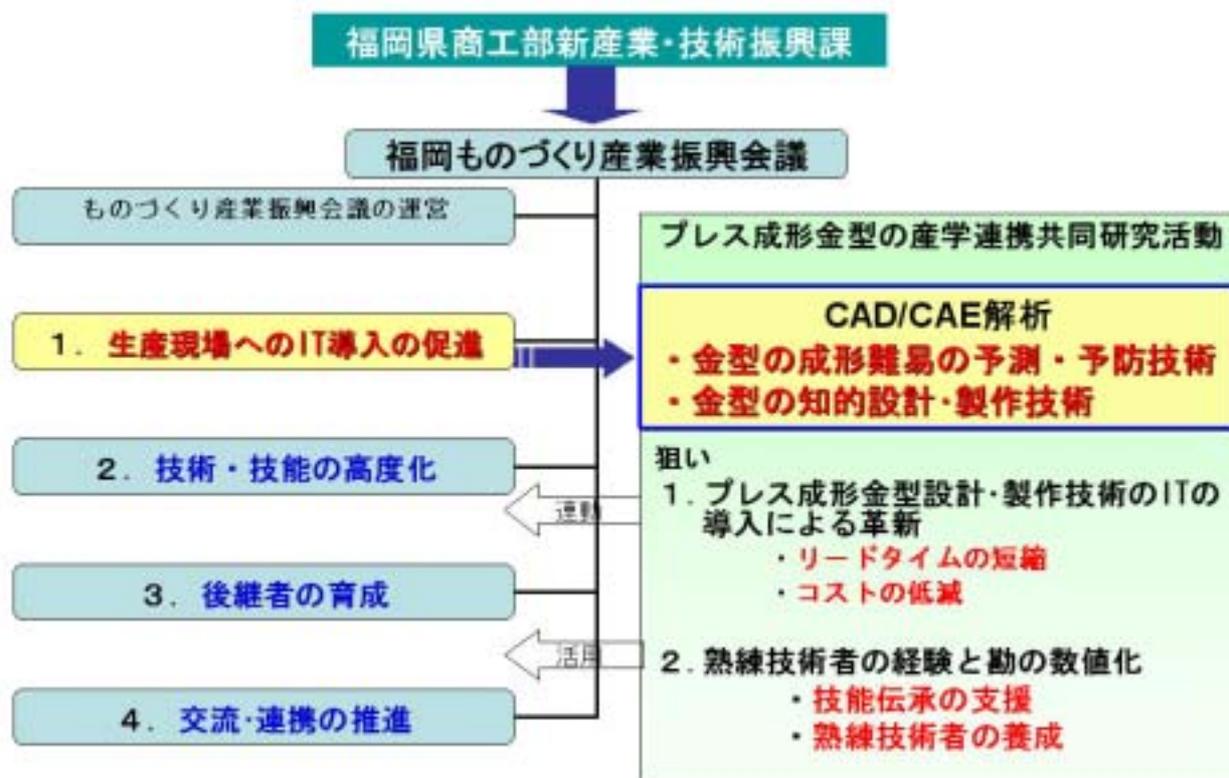


図-8 産学連携研究活動 1

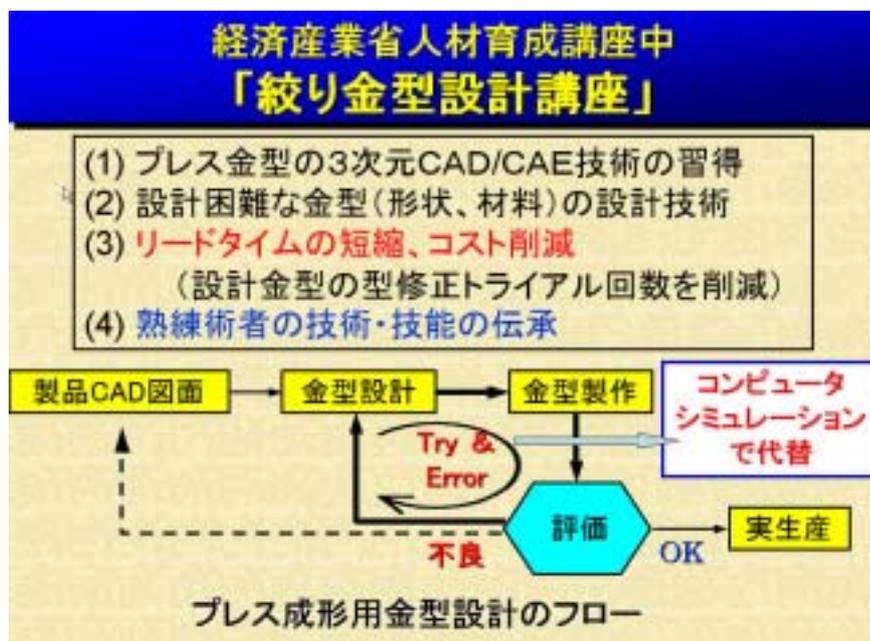


図-9 産学連携研究活動 2

事例 2 :

(有)大成金型様の型開発期間短縮⁴

中小プレス金型企業における Stampack 活用事例として、(有)大成金型様は2004年の第5回 ADA ユーザーコンファレンスで、「金型製作における成形シミュレーションの活用」を発表した。以前、受注したことがある製品で問題の多かった類似の中型サイズ自動車プレス部品金型の新たな製作に際し、解析シミュレーションを適用し、開発期間の短縮と品質の向上に、多大な効果があったことが示された。



図-10 多段成形実機比較検証したマニホールド

図-12は、従来の金型構成案で解析した場合である。材料の引けが大きく割れやしわが発生することが判明した。いくつかの金型構成案を検討した中から、2段加工による型構造の変更を解析した結果、割れとしわが無い構成が導き出された案が、図-13である。シミュレーションを行うことにより下記の利点があったと発表された。

工程検討を行う際に成形過程を視覚的に確認でき、より理解の深い検討が行えるようになった第三者を交えて検討する際にも、共通のイメージが持てるので、スムーズな話し合いが行えるようになった。特に発注者と営業段階での使用に、大きな営業効果があった
 金型のプレストライにおける成形上の大きなトラブルが減り、金型の倣い直しなどの工数が削減できた

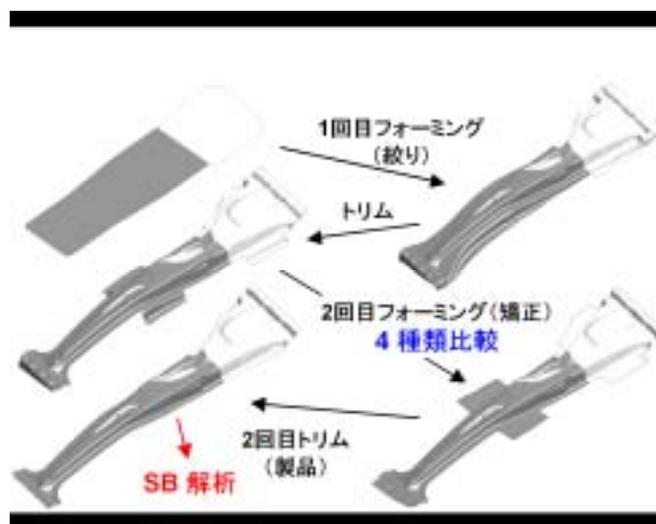


図-11 スプリングバック見込み形状実機比較検証したセンターピラー

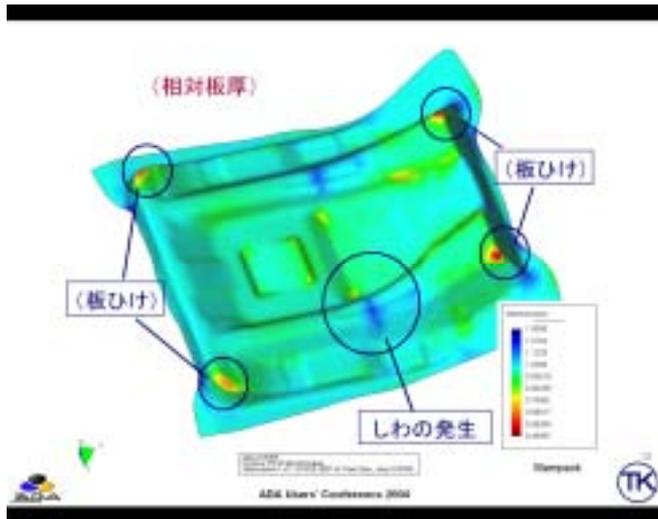


図-12 当初の型の設計案で解析された初期結果

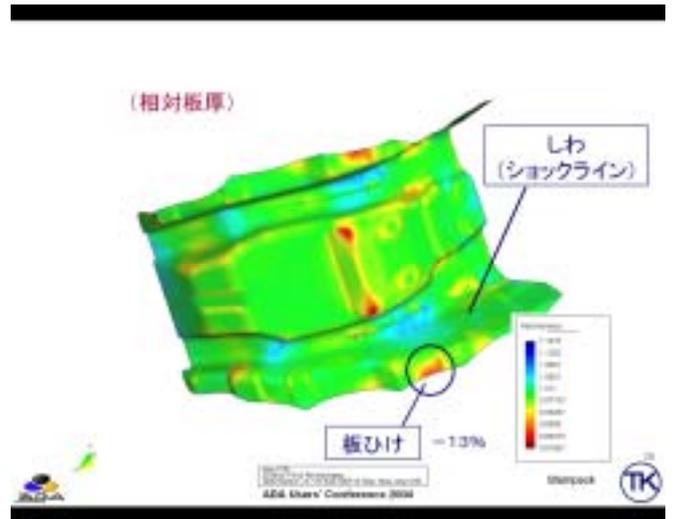


図-13 改善された型の案で解析された初期結果

まとめ

プレ成形シミュレーションは、90年代後半から2000年前後の大手金型企業への普及段階から、現在中小プレス金型企業への着実な発展段階へ向かっている。日本のモノづくり国際競争力を真の意味で強化するためには、大企業と共に中小企業の技術力底上げが重要な課題であることを強く認識し、操作性、機能、精度、実用性、コストに優れたシミュレーション製品開発を推進することにより、これからもプレス金型産業全体の発展に微力を尽くしていく所存である。

< 参考文献 >

- ¹ E. Onate, F.Zarate : Rotation-Free Triangular Plate and Shell Elements, 1999,
- ² G. Duffett, R. Weyler, Material Hardening Model Sensitivity in Springback Prediction, Numisheet2002, Korea
- ³ 石川 浩、松本紘美：プライドデザインユーザ会会報、第8回 ADA ユーザコンファレンス、2007
- ⁴ 大國 哲：プライドデザインユーザ会会報、第5回 ADA ユーザコンファレンス、2004