

# プレス成形解析の二輪車への適用

## Application of Sheet Metal Forming Analysis to Motor Cycles

鈴木誠也 Seiya Suzuki 中村政晴 Masaharu Nakamura

●生産企画本部生技開発室／磐田第4工場製造技術課

### 1 はじめに

自動車業界において、プレス金型の設計に成形シミュレーションを活用することは一般化してきている。二輪車においても、燃料タンクやフレーム部品などにプレス成形シミュレーションを適用し、試作トライアル工数の削減に効果を上げている。

特に燃料タンクは二輪車の顔ともいえる重要な意匠部品であると同時に、燃料を密閉するという重要な機能部品でもあり、プレス成形に対する精度要求も厳しい。この燃料タンクに対するヤマハ発動機(株)（以下、当社という）の取り組みについて述べる。

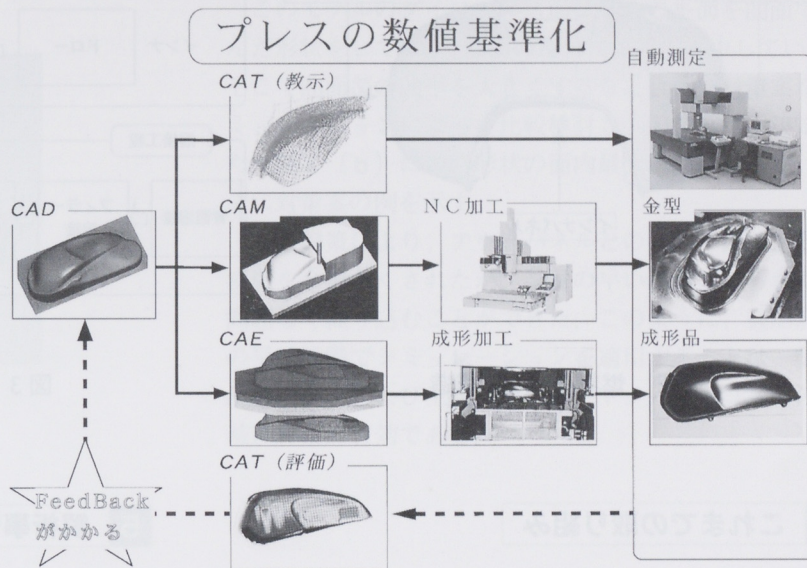


図1 数値基準による製造

### 2 数値基準による製造

現在、3次元CADによる数値を基準とした製造のプロセス改革を進めている。デザイン要件と製造要件が織り込まれた3次元CADデータを基に、CAEによる金型方案の事前検討が行われる。その結果はCADデータに直ちに反映され、それを基にCAMによる高精度金型の製作が行われる。さらにCATによって金型や製品の精度を計測して評価し、CAD、CAM、CAEそれぞれにフィードバックされる。

このような流れを「数値基準による製造」と呼び、コンカレントエンジニアリングの1つの手段と位置付けている。図1に数値基準による燃料タンクの設計と製造の概念を示した。

このようなプロセスを確立することは、成形シミュレーションを最大限に活用するために不可欠であると考えられる。すなわち、シミュレーションによって高品質な金型設計をなし得たとしても、そのとおりの物を作ることができなければ何の意味も持たない。またそのとおりの物ができているかどうかを評価するには、実際に計測してみるしかない。従って、シミュレーションのみならず、高精度な加工や高精度で高能率な計測のそれぞれの要素技術を高めていくことが必要であり、それらの基となる

3次元CADデータを整備することの重要性がますます高まっている。

### 3 プレス成形解析の役割

数値基準による製造プロセスにおいて、シミュレーションは過去に得た経験とノウハウを新機種開発に生かす道具として大きな意味を持つ。燃料タンクの製造においては、「面のうねりがない」、「油漏れがない」といった外観上あるいは機能上の要求を満たすことが最終的な課題であるが、それ以前にまず「成形できる」ということが求められる。工程設計の制約上、1回の深絞りで形状を出す必要があり、割れやしわが発生しやすいためである。図2に燃料タンクの構造を、図3に製造工程を示す。

さらに、近年多様化するニーズの下、タンクの意匠も凝ったものとなっており、プレスに対する要求はますます厳しくなっている。このような状況の中で、製品設計の早い段階で製造要件を織り込む手段として、プレス成形シミュレーションは不可欠なものとなっている。

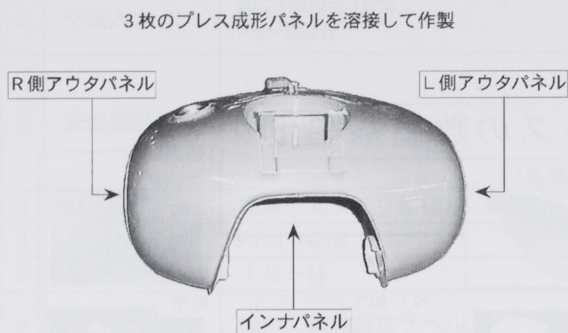


図2 燃料タンクの構造

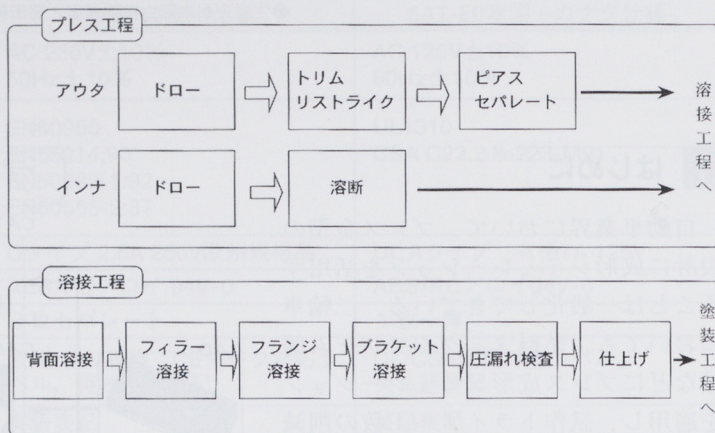


図3 燃料タンクの製造工程

#### 4 これまでの取り組み

当社は1990年に設立された「板成形シミュレーション研究会」に設立当初から参加し、プレス成形解析導入の検討を始めた。当時は簡単な2次元曲げ解析の研究をしている段階で、世界を見渡しても実用的な解析ソフトは存在しなかった。

その後急速にソフトの開発が進み、商業ソフトウェアもいくつか出てきた。当社では1994年にプレス成形解析ソフト「PAM-STAMP」を導入し、タンクプレス製造技術者とともに実験との比較による解析精度の向上に取り組みはじめた。1995年には一部の生産機種へ解析を適用し、1996年からはすべての新機種で解析による成形性の事前検証を実施している。

このようにソフト導入から比較的短期間で実用化できたのは、解析の実質的なユーザーであるプレスの製造技術者が、導入検討段階から深くかかわってきたことによるところが大きい。特に導入初期には膨大な実験を行い、また、これまでのプレスの経験に基づいて解析結果を評価することで、何百回もの実験に相当するノウハウを解析に織り込むことができた。

実験との比較にあたっては、金型および成形品を計測することが必要となる。当時、自由曲面を精度よく、効率よく計測するシステムが世の中になかったため、CADと三次元測定機を組み合わせた自動計測システムを開発した。これにより、解析というコンピュータの中の世界と現実とを結びつけることが可能となり、解析精度の向上に寄与した。

#### 5 解析事例

プレス成形解析ソフト「PAM-STAMP」を用いて解析を行った事例を紹介する。

##### (1) しわの解析事例

図4は燃料タンクのインナパネルの解析結果である。全ストロークの90%まで成形した状態を示している。中央で肉が余り、大きなしわが発生している。図5に示した実験結果と比較すると、よく一致していることがわかる。

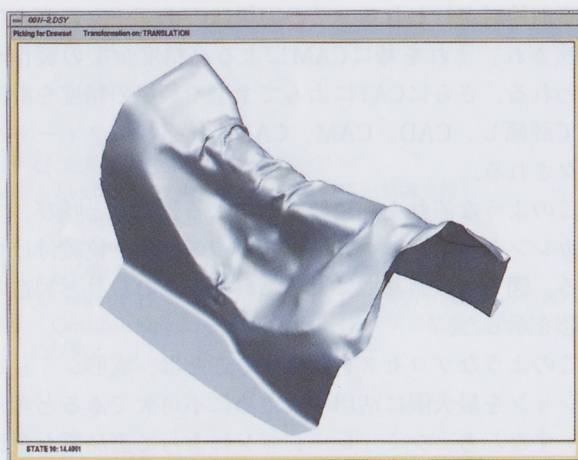


図4 解析結果

この解析を行った時点では、まだ解析ソフトウェアのテスト段階であったが、この事例によって成形シミュレーションの有効性が認識された。また、同時に自動メ

ッシュを利用した解析入力データ作成の標準化を進め、従来1週間かかっていた有限要素メッシュ作成を含む入力データ作成を半日で可能とした。このように解析精度の向上とともに成形シミュレーション実用化の環境を整備した結果、以後のすべての新機種開発で事前シミュレーションを適用することとなった。



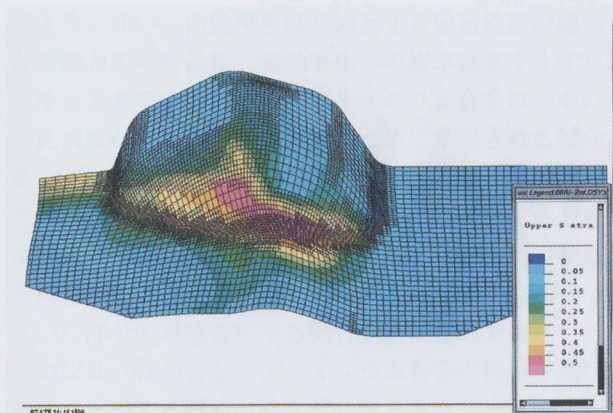
図5 実験結果

## (2) 割れの解析事例

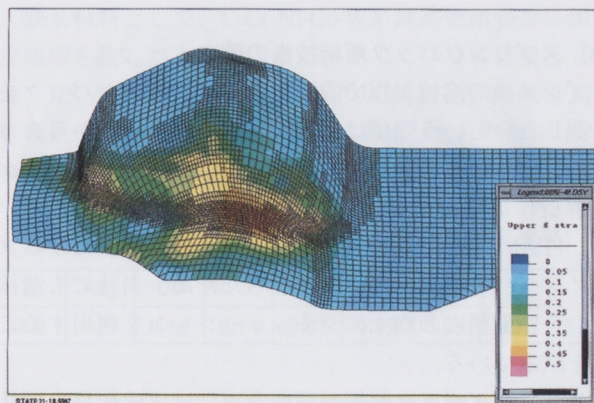
次に燃料タンクのインナパネルの形状設計にシミュレーションを適用した事例を紹介する。図6(a)に初期形状の面内最大主歪み分布を示す。側面部で伸びが大きく、割れの発生が予想されたため対策を行った。

このモデルのダイフェース面は2つの平面を曲面で結んだ形状をしており、曲面の部分に歪みが集中していた。そこで曲面部の曲率を大きくするなど数例の対策案をシミュレーションによって比較検討し、最終形状を決定した。図6(b)に最終形状の面内最大主歪み分布を、図7に対策案の例を示す。

この対策により、アウトパネルとの合わせ部分も形状変更を余儀なくされたが、設計の早い段階であったため問題なく織り込むことができた。このように、製品設計の早い段階でシミュレーションを適用することは、製品品質の向上および生産準備のリードタイムとコストの削減に非常に有効である。



(a)



(b)

図6 解析結果（面内最大歪み）



(a) 初期



(b) 対策案1



(c) 対策案2

図7 割れ対策案の例

## 6 プレス成形解析の課題

### (1) 3次元CADデータの整備

先に述べたように、シミュレーションを含む数値基準による製造プロセスにとって最も重要なことは、3次元CADデータの整備である。ところが最新のCADシステムをもってしても、だれにでも思い通りの形状を簡単に作成できるとは言いがたいのが現状である。シミュレーションの適用を上流段階へシフトしようとする際、3次元データの新規作成や形状変更をいかに容易にするかが、大きな課題となっている。

### (2) 解析リードタイムの短縮

今日解析を依頼したら翌日には結果を見たいという要望が設計や製造部門から寄せられているが、解析モデルによっては計算に24時間以上かかり、この要求のすべては満たせない。この問題はハードウェアやソフトウェアの進歩によりいずれ解決されるであろうが、解析を実施する側としては要求に合わせた最適な解析を実施する環境作りが必要である。

### (3) スプリングバック解析技術の確立

プレス後の溶接工程で問題となるスプリングバックを予測したいという要望は、解析ソフト導入以前からあったが、取り組みは遅れていた。近年、スプリングバックの解析には陰解法を用いることが主流となってきている。「PAM-STAMP」でもVer. 96から陰解法によるスプリングバック解析が可能となったため、当社でも溶接時の合い面精度の向上にシミュレーションを利用することを試みている。

スプリングバック解析の精度向上には実成形品の形状測定が不可欠であり、そのための測定・評価技術の確立が急務である。

製造分野での解析を実用化するにあたっては、次のようなことが鍵となる。

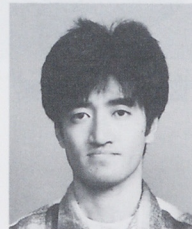
- ・ 3次元CADデータを整備すること
- ・ 解析技術者と製造技術者の連携を深めること
- ・ 実物を計測する技術を確立すること

現在、アルミフレームにもプレス成形解析の適用を進めている。他の部品でも、コンカレントエンジニアリングの推進とともに、設計と製造を結ぶツールとして成形シミュレーションの重要性がますます高まっている。今後、より一層の解析技術の向上が必要である。

### ●著者



鈴木 誠也



中村 政晴

## 7 おわりに

燃料タンクのプレス成形時の割れやしわの対策に、成形シミュレーションを実用的に活用することができるようになった。タンクプレス工場では、成形解析を1つの手段とした「ものづくりのプロセス改革」を進めた結果、成形不良対策を事前に製品形状や金型構造に織り込むことが可能となり、

- ・ ざん新な意匠形状への取り組み
  - ・ 金型製作後の設計変更の回避
  - ・ 成形工程において、金型トライ回数が減少
- といった効果が出てきている。