



魅力的な製品を生み出す技術 特集

プレス成形シミュレーションによる魅力あるタンクの実現

Using Press Forming Simulation Analysis to Design an Attractive Fuel Tank

加藤 直幸 Naoyuki Katou

● MC 事業本部 生産技術開発室

Besides being a functional part with the role of containing the fuel in a leak-proof environment, the fuel tank of a motorcycle is also an important design part that provides a vital "face" of a motorcycle model. The fuel tank is made by welding together the main panels which have been formed from thin sheet metal by means of a metal press. In order to satisfy the demands of the functional and exterior design roles, it is necessary to carefully check all the details of styling, engineering and manufacturing conditions from the very start of the development process to make sure all aspects are well integrated into the final design. The manufacturing process for a fuel tank includes (1) the pressing, (2) welding and (3) painting/finishing. Of these, it is the pressing process where special efforts and investigation are necessary to determine first of all if the shape desired from an exterior design standpoint can be achieved and, then, what structural plan can enable the forming of the desired shape. In this report we introduce our efforts to achieve attractive fuel tank shapes using simulation analysis technology related to metal-pressing shapes.

1 はじめに

モーターサイクルにおいて、タンクは燃料を密閉保持するという機能部品であると同時に、二輪車の顔とも言える重要な意匠部品である（図1）。タンクは薄板の材料をプレス成形した後、それぞれのパネルを溶接することで作られる（図2、3）。デザインと機能を両立させるためには、開発の初期段階でスタイリング・設計・製造要件のすべてが成り立つべく詳細な検討をしなければならない。タンクの製造工程として、①プレス ②溶接 ③塗装があるが、特に最初のプレス成形において、デザインされた製品形状が成形可能かどうか、またどのような方案であれば成形できるのかといった検討は非常に重要である。本稿では、成形シミュレーション技術を活用した、魅力的なタンク形状の実現についての取り組みを紹介する。

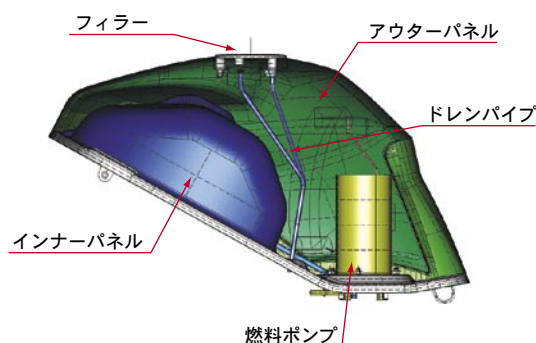


図1 フューエルタンク構成

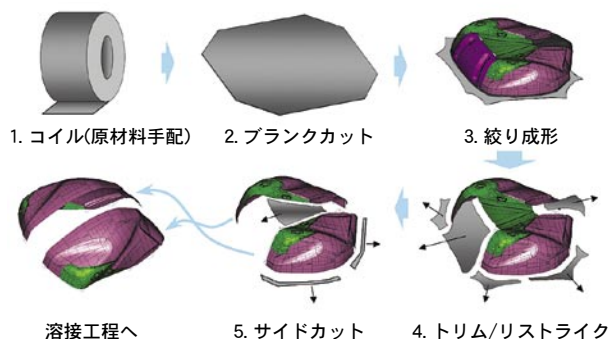


図2 プレス工程

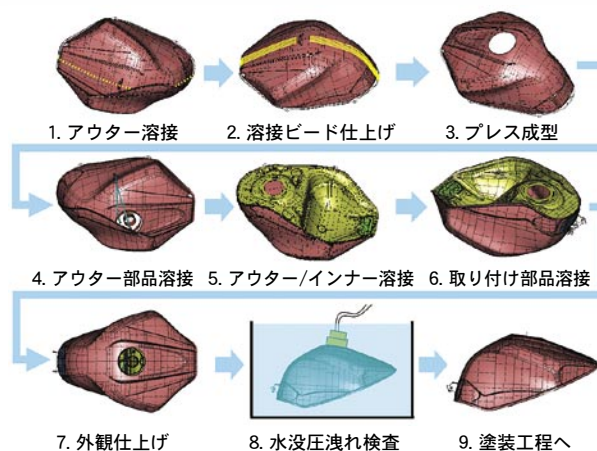


図3 タンク溶接工程

2 プレス成形とは

プレス成形とは、板状の材料を金型（ポンチとダイス）によって挟み込むことにより打ち抜いたり、曲げたりする成形法で身近なものでは自動車のボディなどに用いられている。このプレス成形法の1つとして「絞り加工」と呼ばれるものがある（図4）。インターネットでも「絞り込み検索」という言葉があるように、「絞り」とは範囲を小さくするような場合に使われるが、プレス成形の「絞り加工」とは、板材を周方向に縮ませながら立体形状を作り出す技術である。二輪車の燃料タンクも絞り加工によって形状が作られているが、自動車のドアパネルなどに比べて深絞りであるという点が大きな特徴で、成形する上で他の部品とは異なる難しさがある。

フィルムを立体形状のものにラッピングする場合を想像していただきたい。貼り付ける際にフィルムを引っ張っておく力が強すぎると途中で破れてしまったり、逆に弱すぎるとフィルムが余ってシワになってしまう。また物の形状によっては、どんなに頑張ってもきれいに貼り付けることが不可能な場合もある。

金属のプレス絞り加工でも同様で、形状が複雑になるほど金型形状通りに成形することが難しく、金型を何度も修正したり、場合によってはもう一度最初から作り直さなければならないといったことも起こり得る。このため、金型を設計する際には熟練技術者の経験や知識が非常に重要となる。



アウターパネル



インナーパネル

図4 絞り加工

3 プレス成形シミュレーションとは

「はじめからこうなることが判っていたら、やらなかったのに…」とか、「もっと〇〇したのに」などと後から思い直すようなことは、日常生活の中でも決して少なくない。逆にこれから起こる自分にとって不利益な現象を事前に予測できたら、誰もがそれを回避したり、不利益を最小にするための対策をするだろう。このように未来に起こる現象を事前に予測する技術がシミュレーション技術である。身近なものでは天気予報なども1つの例であるが、ものづくりの分野でもシミュレーション技術が開発され、利用されている。

プレス成形シミュレーションとは、実際のプレス成形と同じように材料特性、金型形状、成形条件などを定義してコンピュータ上でトライアウトを行うもので、金型を作製する前に型方案や成形条件を検討することができる（図5）。プレス成形の不具合として、シワ、割れ、スプリングバック、面歪みなどが挙げられる。このなかでシワや割れといった「成形性」に関しては、シミュレーションによって高精度に予測することが可能となっている。

ヤマハ発動機㈱では1993年からプレス成形シミュレーションの実用化を目指した技術開発に取り組み、1996年からはすべての新機種に対して適用し、シミュレーション上で板厚減少などの問題が解決されるまでは金型を製作しないというほど徹底されている（図6）。

このように金型製作前にシミュレーションにより事前検討を行うことで、金型修正を削減し、生産準備期間も短縮することができた。

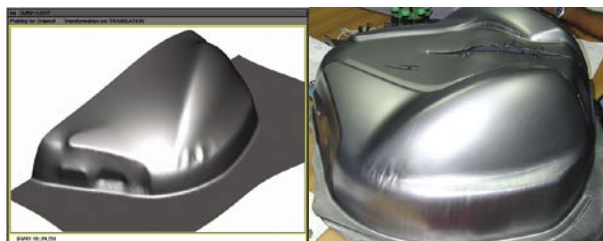
プレスシミュレーションとは？

プレス成形性(割れ、シワ)、変形(スプリングバック)、表面欠陥(うねり)のシミュレーション

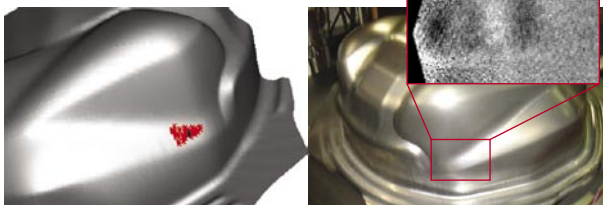


解析メッシュモデル

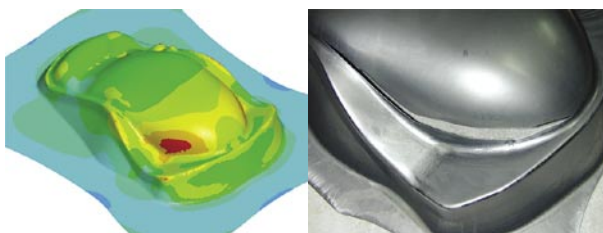
シワの予測



微小なうねりの予測



割れの予測（板厚分布）



変形の予測

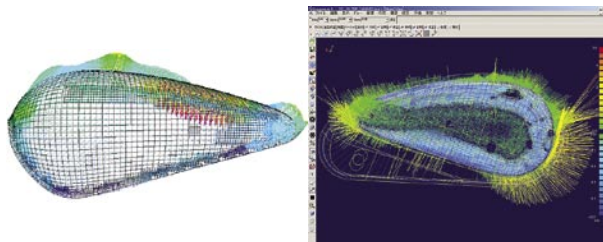


図5 プレス成形シミュレーションとは？

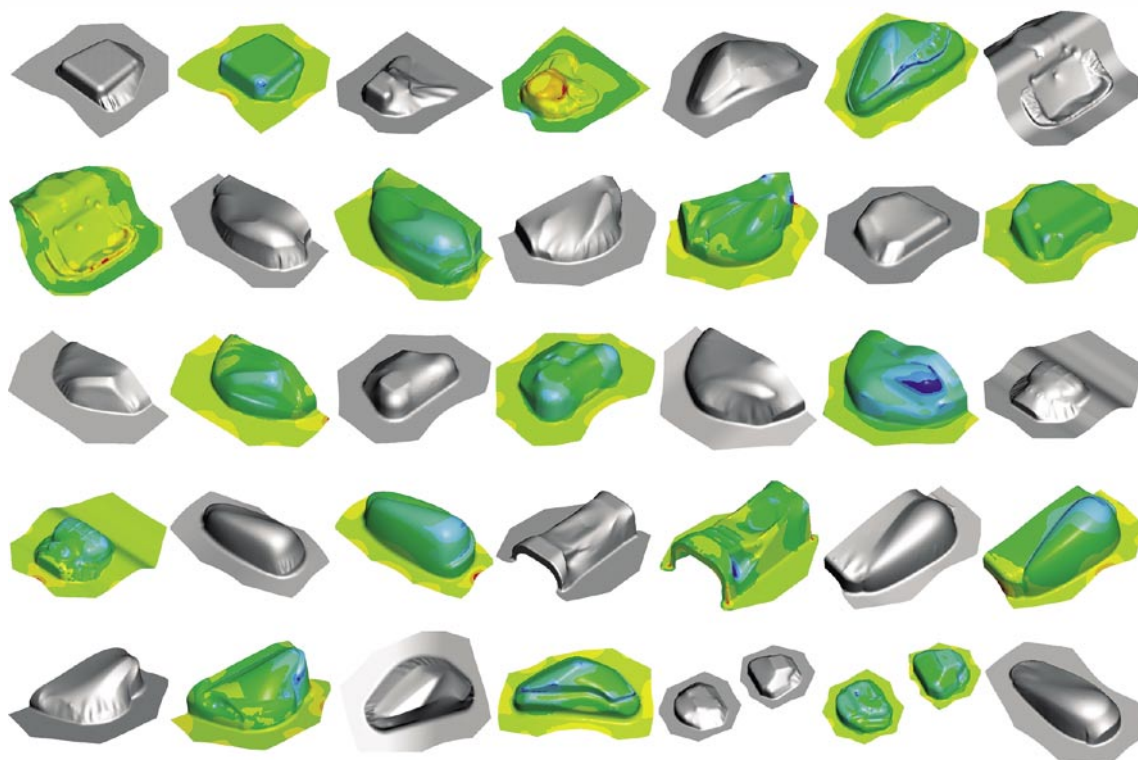


図6 プレス解析の適用

4 魅力的なデザイン形状の実現

近年、二輪車に対するデザインニーズも多様化してきており、燃料タンクについてもより斬新な形状が求められるようになった。単純にデザイン性だけを追及するのであれば、例えば従来2分割構造になっているアウターパネルを3分割構造にするといったことも考えられるが、これではプレスや溶接の工程が増えてしまい製造コストの増加につながるなど、必ずしもユーザーのニーズに応えたことにはならない。

デザインと製造要件を高いレベルで成立させるためには、モデル開発のプロセスが重要となる。タンクの開発では、新製品開発において初期の製品デザインをデザイナーだけでなく製造技術者も参加して検討する「デザイン・イン」と呼ばれる仕組みがある。そのための技術としてデザイナーがスケッチしたスタイリング情報をすばやく3Dデータに変換する技術や、3Dデータから現物を作る技術などが挙げられる。さらに、デザイン段階からプレス成形シミュレーションを適用することで、より斬新なデザイン形状の実現を目指している。

2002年に発売された海外モデル Road Star Warrior では、従来のタンクとは一目で違いがわかるほどの薄型タンクを実現した（図7、8）。

これまで不可能だと思われていた形状が実現できたのは、シミュレーション技術の賜物だと単純に考えてしまいがちであるが、シミュレーションは道具の1つに過ぎない。よく言われていることだが、道具は持っているだけでは意味がなく、いかに上手く使うかが重要である。

例えばプレス成形シミュレーションの技術も、製造技術者がデザイナーに対して「こんな形状は成形できない」とデザイン案をつき返すための道具にもなり得てしまう。実際にタンクの開発でもプレス成形シミュレーションを導入した当初は、金型修正ロスの削減や生産準備期間の短縮を目指すあまり、失敗しそうな形状は最初から作らないといった考え方から、デザイナーと製造技術者との距離を広げてしまっていたような時期もあった。しかし現在ではそれを乗り越えて、より高いレベルを目指すための道具として定着している。

さきほど紹介した Road Star Warrior の場合でも、開発初期段階からデザイナー、商品企画、設計担当者、製造技術者などが一緒になって検討を進めてきた。このような場面で、シミュレーション技術は情報を共有するための道具として大きな役割を果たし、開発担当者は共通の目的に向かって一緒に取り組んでいくことができる。



図7 Road Star Warrior



図8 従来のタンク（左）と Road Star Warrior の薄型タンク（右）

5 最近のモデル紹介

2004 年モデルの YZF-R1 では、クリーナー部と別体式のタンクが採用され、タンク容量を確保しながらもスリムな印象を与える形状となっている。

また、Fazer では立体感あふれるタンク形状が特徴で、シワと板厚減少という相反する問題がなかなか解決されなかったが、金型手配前のシミュレーションによる方案検討を数多く行い、金型製作後の実機での調整も重ねた結果、実現できた形状である（図9、10）。



図9 YZF-R1(2004) 車体とタンク、解析結果画像

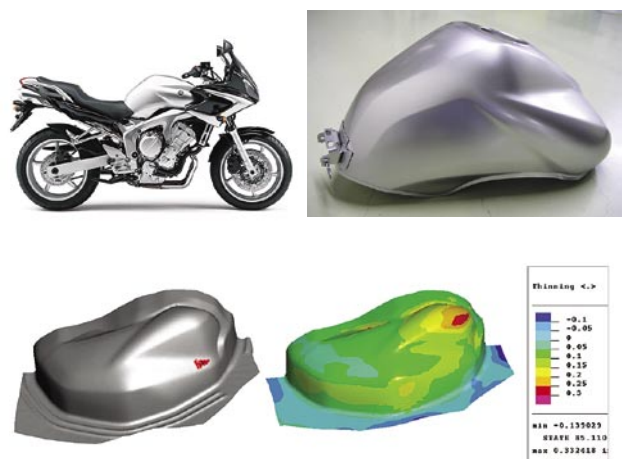


図10 Fazer 車体とタンク、解析結果画像

6 おわりに

二輪車の燃料タンクは、タンク単品で見た場合と車両に取り付けて見た場合とでは、不思議なくらい印象が異なる。逆にタンクの形状が少し異なるだけで車両全体のイメージも変わってしまう。このためタンクの開発には相当なこだわりを持って、他社には真似できないヤマハオリジナルを目指して取り組んでいる。ユーザーの皆さんに、デザイナーや設計、製造技術者をはじめとする開発者のこだわりを少しでも感じていただければ幸いである。

■著者



加藤 直幸