



CAE 特集

鍛造解析の二輪車設計・製造への適用

An application of Forging Analysis to Motorcycle Design and Production

村上 剛 Takeshi Murakami

●生産技術開発室プロセス技術グループ（第 4SyS 技術グループ）

The progress of CAE technology in the manufacturing process in Japan has been remarkable. In the automobile industry, the role of manufacturing-related CAE (hereafter referred to as simulation) has become commonplace in such areas as forging, pressing, casting, plastic molding, NC processing, and robot control and is contributing to better production efficiency for various kinds of parts.

Forging is used primarily for making drive train parts used inside the engine and it is a vital process which demands high levels of precision in shaping and part strength. In recent years, due to technological advances in engines, these demands have become ever more stringent and it is increasingly difficult to depend on traditionally-used methods of development relying on experimental trials.

Here, we will explain our basic approach to the use of simulations in the parts forging process.

1 はじめに

日本の製造業において CAE（Computer-Aided Engineering）技術の進歩が著しい。自動車業界においても、鍛造、プレス、鋳造、樹脂成形、NC（数値制御）加工、ロボット制御等の製造系 CAE（以下シミュレーションと呼ぶ）の活用が一般的になり、様々な部品の生産性向上に効果を上げてきている。

鍛造は主にエンジン内部の駆動部品に対して使用され、形状精度と強度が要求される重要工程である。近年、エンジン技術の進歩と共にこれらの要求は厳しさを増し、従来からの実機トライに依存した開発手法は困難になってきている。

本稿ではこの鍛造部品へのシミュレーションに対する当社の取組みについて述べる。

2 鍛造シミュレーションの役割

二輪車の主な鍛造部品を図1に示す¹⁾。

これらはエンジン内部の部品で、接触により駆動力を伝える。その為、高い形状精度と強度が要求される。

歯車部品の製造工程を図2に示す。鍛造は製造工程の上流であり、切削加工前での粗形状の成形と材料の鍛錬（強化）を担っている。鍛造成形では、「割れ」「表面の巻き込み」のような成形欠陥が無いこと、「表面形状」等の製品機能を満たす為に必要な精度、そして安定量産する為の金型耐久性が要求される。

近年のエンジン性能向上に伴い、鍛造部品の軽量化要求も高くなっている。その為、従来の方法では十分な工程成熟度が確保できない事例も出てきた。このような状況下で新規製品を短期間で確実に立ち上げる為の手段として、製品設計の早い段階で鍛造シミュレーションを適用することが有効であると考えた。

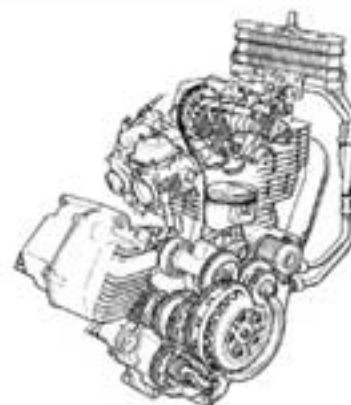
3 これまでの取り組み

当社では1990年頃より軸対称形状を2次元でシミュレーションする技術開発を進めてきた。当時は単純な形状についてもシミュレーションに時間がかかり、精度も甘く実用的ではなかった。3次元シミュレーションについては、世界的にも研究段階であり実用的なソフトは存在しなかった。

その後急速にソフトおよびハードの開発が進み、3次元鍛造シミュレーションの分野でも商業ソフトがいくつか開発されてきた。当社では1997年に3次元鍛造シミュレーションソフトを導入し、現場の製造技術者と共に現物との比較を繰り返し、成熟度を上げてきた。

2001年には一部の生産機種への適用を開始し、現在は主要な鍛造部品についてシミュレーションによる成形性の事前検討を実施している。

製造技術者の実機での経験、ノウハウに基づいてシミュレーション結果を評価し、技術を作り込むことにより、ニーズを適切に把握し、実用レベルにまで引き上げることが出来た。



二輪車エンジン



ピストン

コンロッド



歯車

軸



一体クランクシャフト

組立クランクシャフト

図1 二輪車の主な鍛造部品

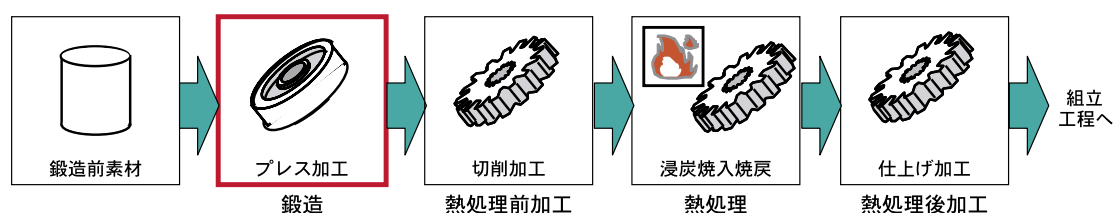


図2 歯車部品の製造工程

4 数値基準による設計・製造²⁾

現在、コストダウンとリードタイム短縮を狙い、開発プロセス改革が進められている。その中では3次元CAD（Computer-Aided Design）データを活用した数値基準による設計、製造が推進されている。

各種要件が織込まれた3次元CADデータを基に、シミュレーションによる工程、金型方案の事前検討が行われる。シミュレーションの結果は設計CADデータに反映され、CAM（Computer-Aided Manufacturing）による金型製作およびCAT（Computer-Aided Testing）による金型や製品の計測に展開されていく。

これらの流れを「数値基準による設計・製造」と呼び、コンカレントエンジニアリングの一つの手法として位置付けている。図3に「数値基準による設計・製造」の概念を示した。

このようなプロセスを確立する為には、シミュレーションの活用が不可欠であると考えている。しかし、シミュレーションによって高品質な工程設計ができたとしても、現実にもその通りの物が作れなければ何の意味も持たない。そこで計測が必要になる。

従って、開発プロセスにおいては、シミュレーションのみならず、加工や計測を含めて、それぞれの要素技術を高めると共に、結果をフィードバックするシステムを構築することが重要である。

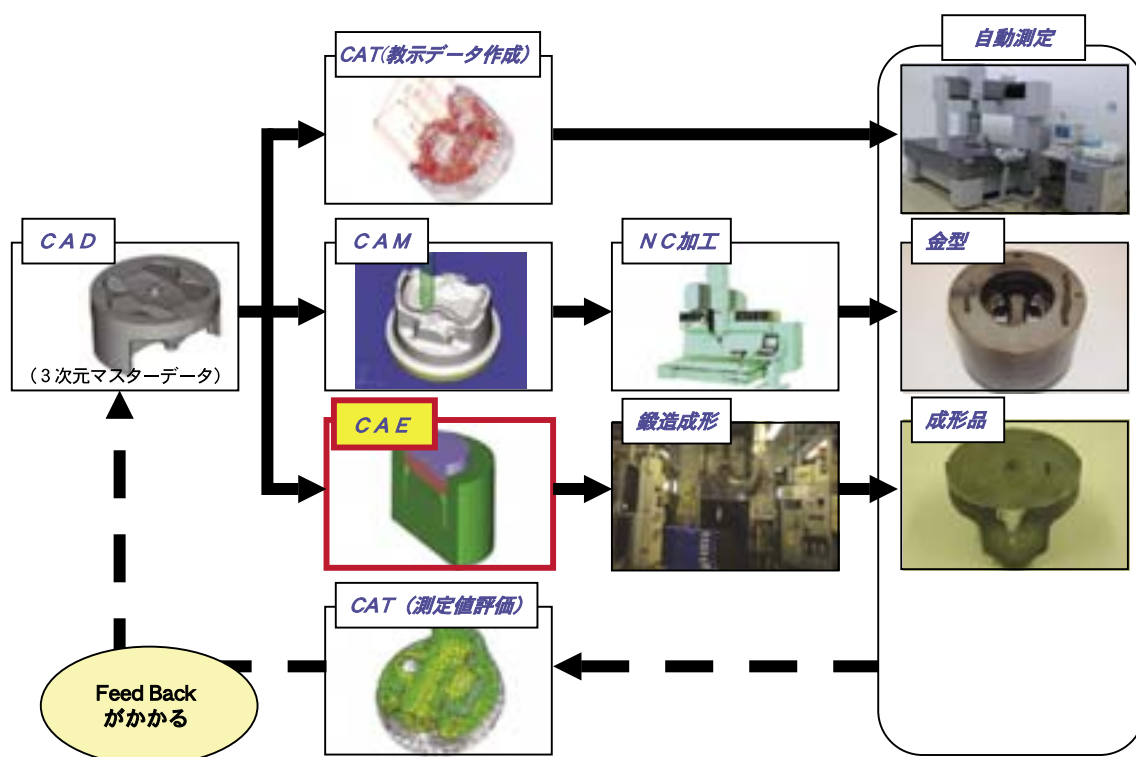


図3 鍛造部品の数値基準による設計・製造

5 シミュレーション事例

5.1 歯車熱間鍛造部品の凸爪欠肉

この部品は突起部分（ドッグ）の欠肉（未充填）が心配された為、事前にシミュレーションを行った。結果を図4に示す。赤色表示部分は金型に対して材料が充填している部分を表している。ここでは欠肉は無いと予測されたが、実際の成形においても問題は発生しなかった。図5に現物形状を示す。



図4 シミュレーション結果

5.2 クランクシャフトの材料巻き込み

図6はクランクの鍛造工程のシミュレーション結果である。シミュレーションでは内部の材料流れのように、実験では観察困難な項目を評価できる。上下からの流れによって行き場を無くした材料が図中右側へ向かって高速で流れ出している。

現物ではこの流れの合流位置付近にクラックが入っていた。

この部品では余肉位置を変更することにより、巻き込みを無くすことができた。



図5 実験結果

6 鍛造シミュレーションの課題

6.1 精度の向上

鍛造シミュレーションの精度は成形欠陥の出方や寸法精度により評価できる。

現在はピストン、歯車熱間鍛造、軸等について問題の予測が可能になってきたが、歯車冷間鍛造やクランクについては開発中であり、今後パラメータのチューニング等によって精度向上を目指す。

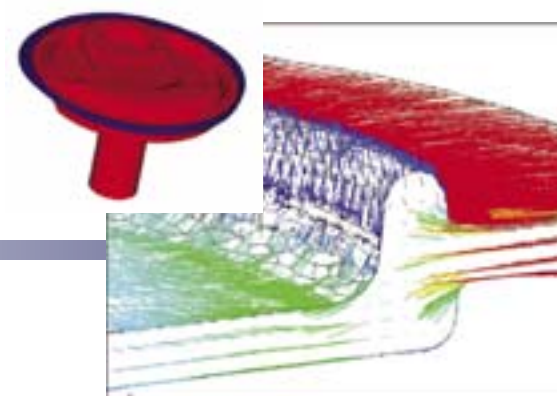


図6 シミュレーション結果

6.2 シミュレーションリードタイムの短縮

シミュレーションは即座に結果が確認できることが理想である。実際にはデータの準備、計算等の作業が発生する為、1週間以上かかる例もある。

現在はハード、ソフト両面から時間短縮を進めており、1日で結果が確認できるシステムを構築中である。

6.3 金型寿命評価技術の確立

金型の耐久性は製品のコスト、納期等に影響する重要な項目である。その為、製造技術者からは成形欠陥や精度と並んで金型の寿命を予測したいという要望が大きい。

その為に従来は鍛造シミュレーションで計算した後に金型表面にかかる力を出力して、汎用の構造解析ソフトを使って、金型の内部応力をシミュレーションする必要があった。この方法では、成形中の連続的な金型負荷を評価できない。また、ソフトウェア間のデータのやり取りに多大な工数が掛かり、実用的に使用することができなかった。現在、鍛造シミュレーションと同時に金型に掛かる応力を連続的にシミュレーションできるシステムを構築している。今後はこのシステムの作り込み、実用化が急務である。

6.4 3次元 CAD データの整備

鍛造シミュレーションには金型と素材形状の3次元CADデータが必要である。現在、3次元CADデータを効率良く作成する仕組みを構築している。

既に、ピストン部品では、設計部門で作成した3次元データから金型形状を効率よく作る仕組みを確立し、従来の1/4以下の時間でシミュレーション用のデータを作成できるようになっている。

7 おわりに

製品設計者と製造技術者の共通のツールとしてのシミュレーションの活用により、製品仕様の早期作り込みを可能とするシステムを構築した。このシステムをピストンや軸部品に適用することにより大きな成果が得られつつある。現在は適用部品を拡大する為の技術開発を行っている。

今後は高品質、低コストな製品を短期間で開発する為にこのシステムをさらにレベルアップしていく所存である。

■参考文献

- 1) つじつかさ：図解バイクエンジン入門，グランプリ出版，1994
- 2) 鈴木章弘，鈴木誠也：型技術ワークショップ '98，1998

●著者



村上 剛