



CAE 特集

## モリックの CAE 及びその事例紹介

CAE by MORIC and Case Presentation

鈴木 幸一 Kouichi Suzuki

●(株)モリック 生産技術部 生産技術 1 課

MORIC is a member of the Yamaha Motor Group. It develops, produces and sells electrical equipment for motorcycles as its main business. In recent years, efforts have been concentrated on the sales of merchandise that incorporates small electronics equipment technologies (i.e., our core technologies) outside the Yamaha Motor group. However, the lead-time from development to the start of production in the electronics industry, which is our competition, is only six months compared to the nine-month period of the motorcycle industry. In order to match the inter-industry competition, in addition to conventional advancements in concurrent engineering, development requiring only one or no prototypes and faultless preparations for production are requirements for shortening lead-times. For this reason, the R&D Division must make efficient use of simulation technologies, use prototypes for product verification only and increase the overall quality of our output to include simulation technologies for the preparation of highly precise blue prints and specifications, thus allowing production equipment to begin operation simultaneously with the output of prototype plans.

The Production Technologies Division must utilize prior samplings of problems and simultaneously use simulation technologies to design dies that require long lead-times in order to eliminate the need for reworking of dies.

This paper deals with the adoption of motor core laser-processing equipment recently introduced for practical use as a means to reduce lead-times, and our development of automate programming for it. We also present example simulation technologies for die designs. Owing to the implementation of these technologies, it was possible to reduce the time required for making a motor core prototype to one-fourth that previously required. Regarding the development of dies, a thin-cast die was achieved with only a single modification.

### 1 はじめに

(株)モリックはヤマハ発動機グループの一員として、モーターサイクルの電装部品を主力商品として開発から生産、販売までを一貫して行っている。近年コア技術である小型電装品の技術を利用し関連商品の外販に注力しているが、ライバルである電機業界の生産までの開発リードタイムはモーターサイクルの9ヶ月からさらに短い6ヶ月である。その短いリードタイムに対応する為には今までのコンカレントエンジニアリングに加えて、やり直しのない試作又は試作レスの開発、同様にやり直しのない生産準備と開発開始から生産開始までの各アイテムのリードタイムを縮める必要性が生じてきた。

そのために、開発部門ではシミュレーション技術を応用して試作は確認のみとし、試作図出図とともに生産設備の正式着手を行う事が可能な精度の高い図面、製作指示書をアウトプットする。生産技術部門は、試作を通じて問題点の先行抽出を行いながら、リードタイムの長い金型関係の設計に着手し、同時に、シミュレーション技術を応用し、やり直しのない金型設計を実現する。今回はそれらの試みの中から最近実用化した試作リードタイム短縮のためのモーターコアレーザー加工設備導入とその自動プログラム作成、金型設計時のシミュレーション技術の導入事例を報告する。

今回の導入事例ではモーターコア試作期間は 1/4 に、金型製作に関しては修正回数 1 回により薄肉成型品の完成にこぎ着けた。

## 2 リードタイム短縮活動

電装部品業界には、パソコンの例にある通り、モデルサイクルが短い商品を扱うメーカーが多数存在する。モーターサイクルの開発も近年モデルサイクルが短くなったが、我々が電装部品応用商品を外販するためには、それら電装部品メーカーに負けない短納期での商品投入が必要不可欠になってきた。現状 9 ヶ月の開発生産リードタイムを 6 ヶ月まで短縮することである。新商品投入までのリードタイム 6 ヶ月を実現することを、TPM (Total Productive Maintenance) 活動として、全社で取り組んだ。

### 2.1 リードタイム短縮の方向性

新商品投入までのリードタイムを、現状 (図 1) の 9 ヶ月から 6 ヶ月に短縮するためには現状の仕事のやり方では間に合わない。それは今までの仕事の流れを比較すれば分かる。コンカレントエンジニアリングを駆使しても、以下の問題を克服しなければ目標には到達しないからである。

#### (1) やり直し作業の廃止

図 1 にある改良設計、試作評価、ライン修正等の削減。

#### (2) 各アイテム毎のリードタイム削減

上記項目を達成できたとき、我々が目標とするリードタイムが達成できる (図 2)。

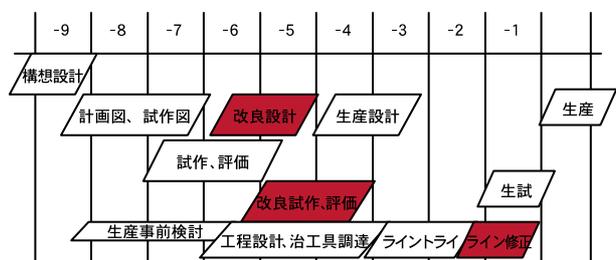


図 1 開発受託から生産までの Time Schedule

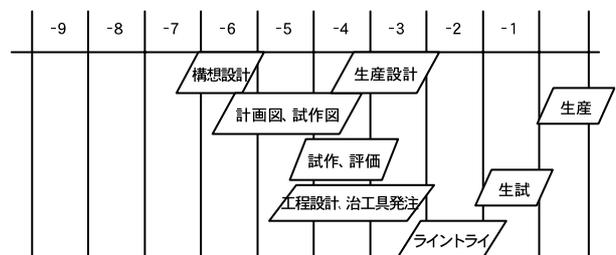


図 2 目標 Time Schedule

## 2.2 リードタイム短縮の具体的方法

上記の2項目を達成するために、現状の仕事の分析とその対応策(図3)を検討し、以下の項目をキーワードに掲げ活動を開始した。

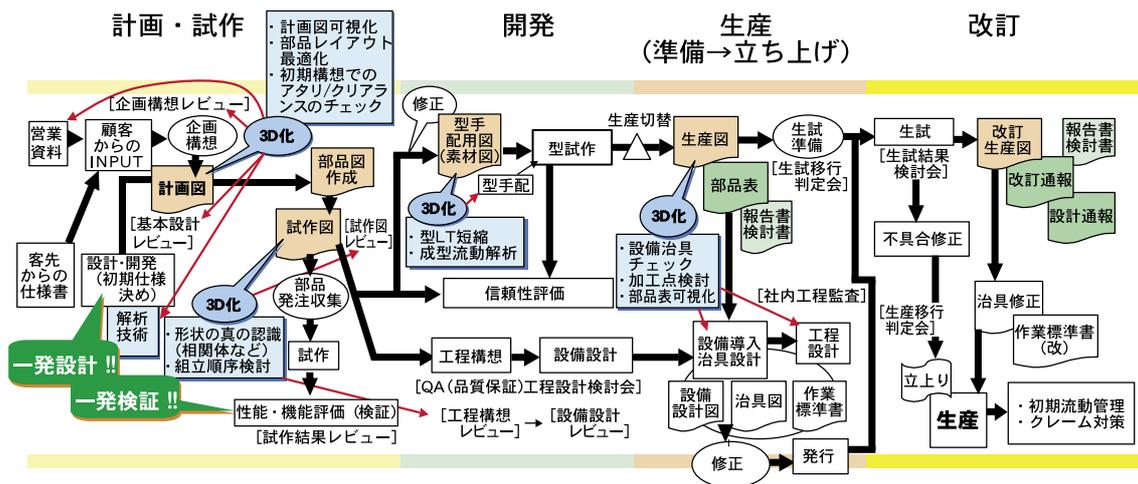
### (1) シミュレーション技術を用いたやり直し作業のない設計、試作、立ち上げ

- ・ 振動解析、発熱解析、成型樹脂流動解析の適用

### (2) デジタル技術を用いた情報の一元化

- ・ 同一 3D-CAD (3次元 Computer-Aided Design) データを開発から生産まで共有
- ・ 設計 パーチャル試作 パーチャル組立 金型製作 金型シミュレーション

今回はこの中から、アマチャコアのレーザーカットプログラムの作成自動および射出成型流動解析適用による事前シミュレーションの2事例を紹介する。



### 計画図を3D作図することで期待される効果

開発初期段階 (特に計画図) で 3D作図を行う事が、設計品質の向上に効果があると考えられる。

1. 計画・試作段階における、設計品質の向上  
⇒形状・構造の認識、アタリ・クリアランスの早期確認
2. 限定スペース内への、最適な部品レイアウト/省スペース化
3. 各D/R(デザインレビュー)へ利用することによる、他部署での視覚的理解促進

図3 開発から生産までの流れの中で CAE 導入項目

### 3 アマチャコアのレーザーカットプログラム自動生成

#### 3.1 アマチャコア試作の問題点

モーター部品の中で性能を決めるアマチャコアは図4にあるように板厚 0.5t ~ 1.0t の鋼板を成型しそれを 30 ~ 50 枚積み上げて作成する。

量産においては高速プレス内の金型で成型と積層を同時に行うが、試作時は金型製作のリードタイムとコストの面からレーザー切断機での NC（数値制御）切断を行う。ここで問題なのは図5に示す様に NC プログラム作成時間である。実際に作成したプログラムを図6に示す。アマチャコアは一見単純な形状に見えるが曲線と直線をつないであり、その要素は 150Point にも及ぶ。又その交点全てが曲線と直線又は曲線と曲線により構成される。NC プログラムの作成は各交点の座標を指示しその間をどう結ぶか指示する（例：A 点から B 点まで半径

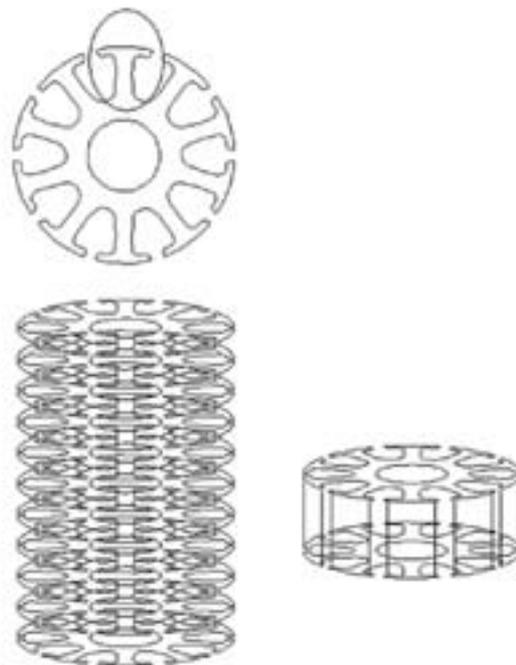


図4 アマチャコアの生成

※試作コア出図から受け入れまでの比較

従来（リードタイム約10日）

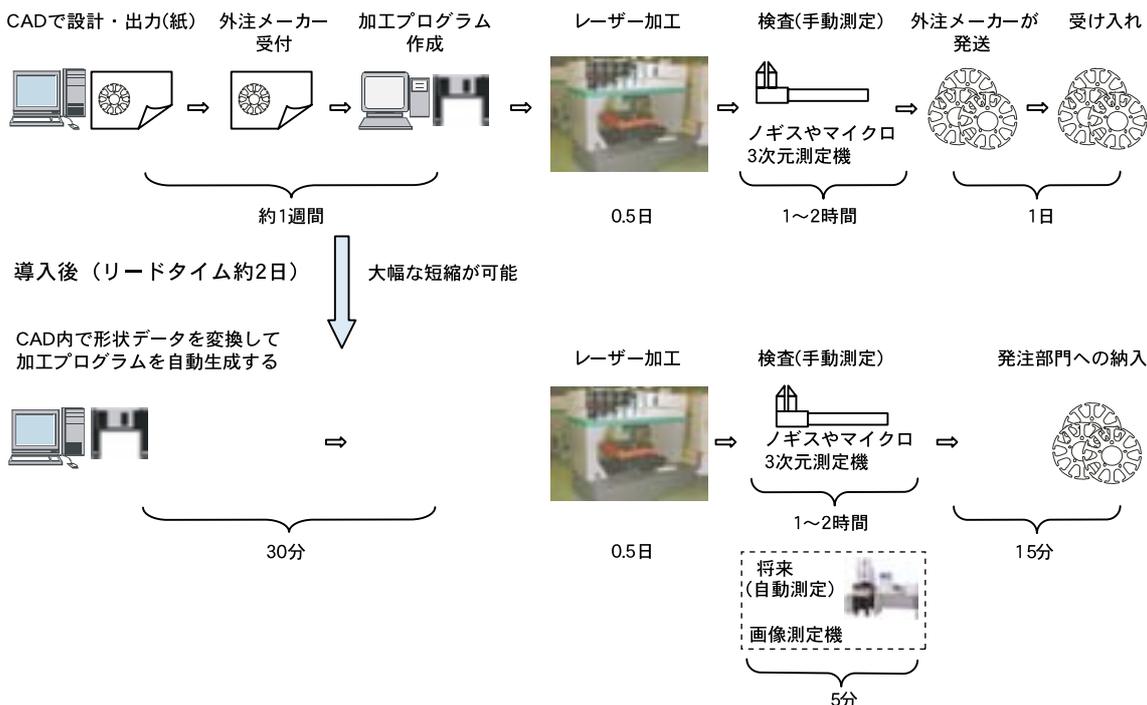


図5 レーザー切断機導入による開発リードタイム削減

Cmmの曲線で結ぶ)。そのため交点を正確に計算し、入力する作業が必要になる。そのため紙で出図した場合一度CADデータを入力し直し、交点を求めそれらを一つ一つNCプログラムに手動入力していた。それらの作業は煩雑であり、複数仕様の試作にはリードタイムがかかる事から、従来は一仕様のみでの試作になっていた。その結果目標性能が出ない場合、試作やり直しが発生し、開発日程を遅らせる一因となっていた。

### 3.2 リードタイム短縮の方策

図5に示す様に、リードタイムを短縮するにはNCプログラム作成時間を削減するのが一番効果的である。

そこで社内で作成したCADデータからのNCプログラム自動作成を計画した。合わせてレーザー切断機を導入し、試作コストとリードタイムの大幅削減を目標に進める事とした。

自動プログラムはESPRi-CAD上で動作する2D-CAM（2次元Computer-Aided Manufacturing）を導入する事にしてヤマハ発動機ITセンターの支援のもとに進めた。

### 3.3 2D-CAMのカスタマイズ

元々2D-CAMはマシニングセンターでの加工を想定して設計されており、今回はこれをレーザー切断機用に変更した。変更内容を下記に示す。

#### (1) 不要な軸制御の省略

レーザー切断機は自分でワークとの距離を調節するので深さ方向の指示が不要。

#### (2) レーザー切断機用の命令語に変更

Mコード（動作命令）を変更した。

以上2点ほどの変更で2D-CAMのカスタマイズ及び流用が可能になった。

### 3.4 導入結果

図5にあるように約30分ほどでNCプログラムの自動作成は可能になり、リードタイム短縮はもとより複数仕様の試作対応が可能になった。

今後はこれらの効果を利用して、やり直しのない一発設計に、より寄与させていきたい。

```

%
O0454(35R)
G91
T1F2000
G00X3.11
M03
加工開始
G01G42X1.5D02
G02I-4.61
M05
G00G40X-14.015Y12.944
M03
G01G42X0.882Y-1.214D01
G03X-2.592Y-2.4198I523J-11.731
G01X0.053Y-0.038
G03X0.926Y0.091I0.411J0.566
G02X0.303Y0.318I0.136J0.364
X1.522Y-0.114D0.713I-0.702
G01X2.244Y-3.089
G02X-1.97Y-2.712I-1.426J-1.036
G01X-3.631Y1.18
G02X-0.578Y1.412I0.309J0.951
X0.209Y0.387I2.247J-5.36
G03X-0.199Y0.909I-0.611J0.342
G01X-0.052Y0.038
G03X-2.175Y-6.694I2.291J-7.694
G01X0.065
G03X0.695Y0.618J0.7
G02X0.058Y0.439I1.705J-1.618
X1.298Y0.802I0.989J-0.149
G01X3.631Y-1.18
G02Y-3.352I-0.545J-1.676
G01X-3.631Y-1.18
G02X-1.298Y0.802I-0.309J0.951
X-0.058Y0.439I3.646J2.053
G03X-0.695Y0.618I-0.695J-0.082
G01X-0.065
G03X2.175Y-6.694I4.465J1.
G01X0.053Y0.038
G03X0.199Y0.909I-0.411J0.566
G02X-0.209Y0.387I2.038J6.747
X0.578Y1.412I0.887J0.461
G01X3.631Y1.18
G02X1.97Y-2.712I0.545J-1.676
G01X-2.244Y-3.089
G02X-1.522Y-0.114I-0.809J-0.702
%

G01X0.02Y0.062
G03X-7.038I-3.519J-14.067
G01X0.02Y-0.062
G03X0.803Y-0.47D0.666J2.16
G02X0.432Y0.079I2.696J-13.534
X1.164Y-0.986D0.164I-0.986
G01Y-5.818
G02X-3.188Y-1.038I-1.762
G01X-2.244Y3.089
G02X0.362Y1.482D0.809J0.588
X0.398Y0.195I7.2J-12.344
G03X0.373Y0.852I-0.293J0.636
G01X-0.02Y0.062
G03X-3.102Y-1.718I5.421J-13.448
M05
G00G40X8.523Y-11.73
G90
M99
%

```

図6 NCプログラム

## 4 射出成型の流動解析

### 4.1 射出成型金型製作時の問題点

従来、射出成型金型を製作するとき、金型の出来映えは実際に成型品を作ってみなければ分からなかった。材料の収縮、成形材料の流れ等不確定要素が多く、金型製作後に修正を何度も繰り返し、最悪の場合、金型の再製作が必要になる場合も少なくなかった。今回はこの問題の解決を目標に、金型製作前に出来映えを評価できるシミュレーションを使用し、アラームイモビライザーケース金型の評価を行った。アラームイモビライザーは基本肉厚が1.6mmと薄く、形状も複雑でシミュレーション能力の評価には適している（図7）。シミュレーションは生技開発FA（Factory Automation）グループにて実施した。

### 4.2 進め方

シミュレーション技術は事前に机上検討で予想した通りの結果が出るかどうか重要であり、必ずしも最適解を求める物ではない。

そこで今回は以下の様に進めた。

#### (1) シミュレーション精度の検証

シミュレーション結果と現物の突き合わせ。

#### (2) 修正方案のシミュレーション

修正方案をシミュレーションする。

目標数值にはいるまで各種方案をシミュレーションする。

#### (3) 再度シミュレーション精度の検証

採用した方案における現物とシミュレーション結果の突き合わせ。

以上により製品精度向上とともにシミュレーションが使い物になるかを評価した。



図7 アラームイモビライザー

### 4.3 実施内容とその結果

#### (1) シミュレーション精度の検証

まず現状の経験を織り込んだ金型を製作してその金型でのシミュレーションを実施した。

シミュレーション結果（図8）からは円筒部が0.9mm 本体側に変形すると予想された。実際に金型製作をして現物を測定してみるとほぼ同様の結果が得られた（図9）。

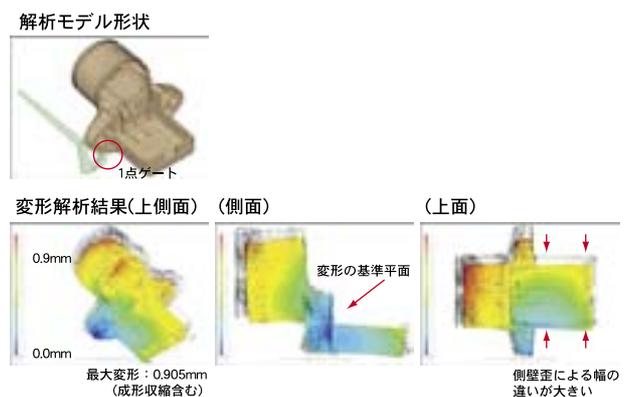


図8 シミュレーション結果

## (2) 修正案のシミュレーション

修正案として変形量半減を目標にシミュレーションと案検討を繰り返し、最終的にほぼ半減する案を採用した（図 10）。

## (3) 再度シミュレーション精度の検証

上記案にて金型修正を行い、現物の測定結果からほぼシミュレーションと同等の結果が得られた。

## 3.4 結果

上記の結果から流動解析による薄肉成型品の変形に対するシミュレーションは、現物の状態をほぼ予想できる事が解った。これにより今回修正は1度のみで目標精度を達成できた。次回からは、この技術を最初から使えば、修正の必要の無い金型設計が可能な事も同時に証明できた。



図 9 測定結果

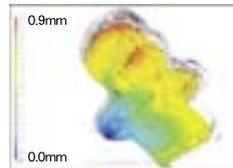
### 現状ゲート方案

解析モデル形状



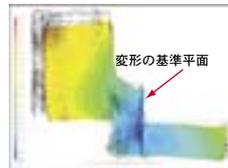
1点ゲート

変形解析結果(上側面)



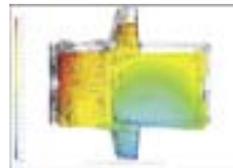
最大変形：0.905mm  
(成形収縮含む)

(側面)



変形の基準平面

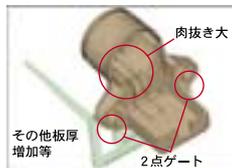
(上面)



### 新規ゲート方案2

今回採用案

解析モデル形状



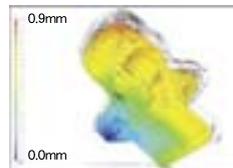
肉抜き大

その他板厚増加等

肉抜き小

2点ゲート

変形解析結果



最大変形：0.502mm  
(成形収縮含む)

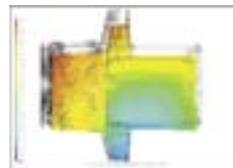
(側面)



変形の基準平面

円筒部の倒れ  
小さい

(上面)



### 新規ゲート方案3

(今回追加分)

解析モデル形状

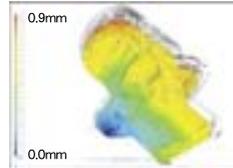


円筒部延長

その他は  
上方案と同じ

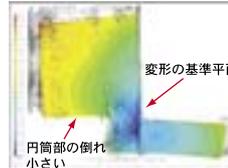
肉抜き小

変形解析結果



最大変形：0.875mm  
(成形収縮含む)

(側面)



変形の基準平面

円筒部の倒れ  
小さい

(上面)

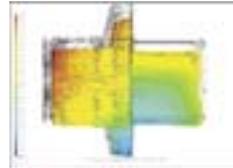


図 10 イモビライザ変形解析結果

## 4 おわりに

モリックは上記の例を見て解る様に CAE という分野では今スタートを切ったばかりである。それもヤマハ発動機グループの技術を応用して、ようやく始めたというのが正しい表現ではないかと思う。しかし、今回の事例にある様にコンピューターを使用すれば、我々が抱える命題に有効な回答が出せる事が社内に証明できた。今後もこの計画を進めて行けば、業界内最短のリードタイムの達成も夢ではないと確信した。

今回の事例は社内に CAE の可能性を認識させるとともに、今後これらを使いこなせないと生き残れない現実も同時に示せた事が重要ではないかと私自身は考えている。

### ●著者



鈴木 幸一