

## 射出成形 金型内の可視化による海外トライの効率向上

Injection Molding - Improving Efficiency of Overseas Trials via In-mold Visualization

高橋 宏明



### 要旨

射出成形による樹脂部品は幅広い分野で使用されており、当社製品においても多くの部品に採用されている。当社はプラットフォーム化構想を掲げており、外装部品を変えることでバリエーション違いのモデルも展開している。これらの生産現場では多種多様な商品を高品質・低価格・短期間で作り込むことが求められている。

そのため、海外拠点の生産準備従事者が新規モデルを手離れ良く立ち上げる手法や仕組みが必要となっている。今回、このような状況に対して「金型内のモニタリング」と「成形機の機差吸収補正」を行うことで、効率よくトライを進められる手法を確立したので紹介する。

### Abstract

Plastic parts made by injection molding are used in a wide range of fields, and Yamaha products also use many plastic parts. Yamaha is advancing platformization of models, developing model variations by changing exterior parts. Staff working on production of these models must be able to complete preparations for manufacture of a diverse range of high quality products, at low prices within a short lead time.

For this reason, it is important to have methods and systems in place that enable our staff engaged in production preparation at overseas locations to launch work on new models smoothly. The efficient trial methods that employ In-mold Monitoring and Injection Machine Difference Absorption Correction methods introduced herein were developed to tackle this issue.

## 1 はじめに

当社は海外拠点の一つとしてインドネシアに工場 (PT. Yamaha Indonesia Motor Manufacturing 略称YIMM) を有し、市場規模の大きいアジア向け二輪車製造拠点の主力として稼働している。本工場ではインドネシア向けに約20の新モデルを生産しており、最近では主力のモペットタイプやスクータータイプに加え、スポーツモデルも積極的に導入するなど多種多様な商品をラインナップし、お客様へ提供している。市場では、競合他社も新技術を織り込んだ商品を短いリード

タイムで提供してきており、当社としてもさらに競争力を高めていく必要がある。

## 2 現状分析と問題点

### 2-1. 取り組みの位置付け

現在、当社海外向け製品の金型の生産準備プロセスは2パターンある(図1)。1つ目は“日本で金型を製作し、作り込んだ後に海外拠点へ移管するパターン”であり、2つ目は“海外拠点の金型メーカーで金型を製作し、海外拠点で作り込むパターン”

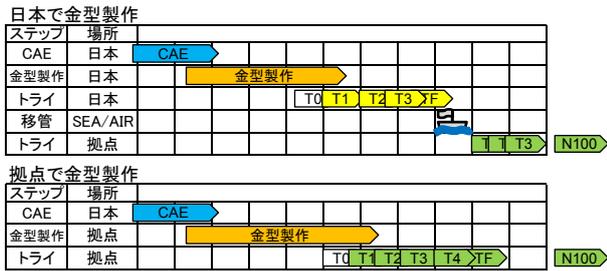


図1 生産準備プロセス

である。今回は、前者の海外拠点へ移管後のトライ効率向上の取り組みであり、インドネシア工場YIMMでの事例を紹介する。

## 2-2. 課題認識

拠点への金型移管後のトライは、日本で作り込んだ後であるため、“良品ができるはず”である。しかし、拠点で状況の聞き取りをしたところ、再度良品条件の設定および作り込みを行っているということが分かった。そのトライ回数は約3回、生産準備リードタイムは約4週間もかかっていた。これによりトライ実施による人件費や設備稼働費ロスが年間1,228千

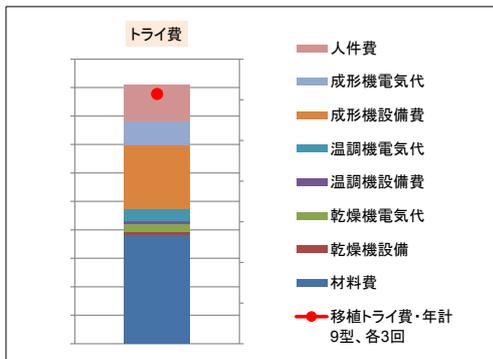


図2 生産準備中のトライ費

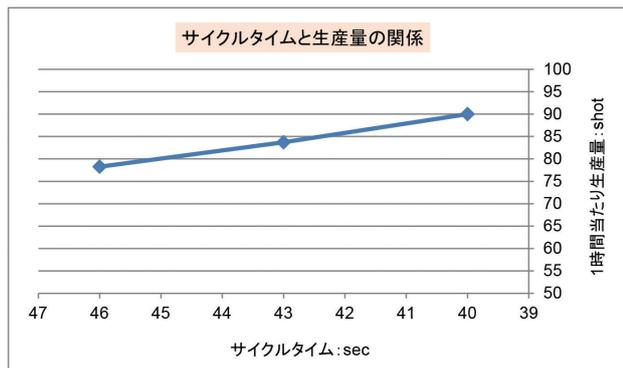


図3 生産停止によるロス

円、さらに生産停止ロスも発生していた(図2、3)。品質、コスト、リードタイムともに市場競争力を維持するため、このロス改善に取り組むこととした。

## 2-3. 原因分析

原因分析した結果、生産準備ロスの原因として大きく2つが影響していると考えた(図4)。1つ目は日本と拠点で成形機仕様、入力方式およびオペレータの条件設定コンセプトの差異があり、日本で作り込みを行った際の成形条件等の情報が有効に活かされていないということである。2つ目は拠点でのトライの際、日本で作り込んだ成形の状態が再現されているか、また品質を満足できているのか素材で判断できないことがあり、成形・塗装後の評価結果でNGだった場合に繰り返しのトライが発生していたということである。

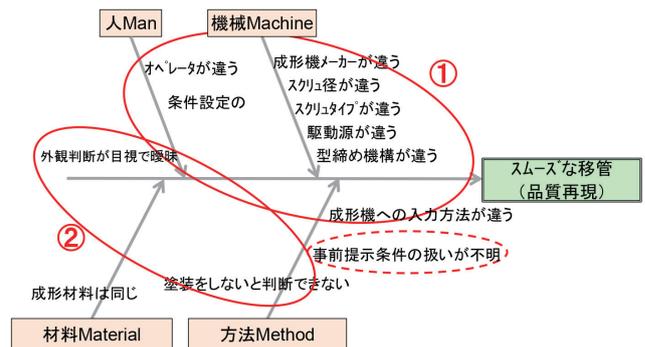


図4 要因分析

## 3 着手に向けて

### 3-1. 目標値設定

現状分析の結果から、①“機械や人が違って差を埋められる手法を確立”し、その手法の②“確からしさを確認”し、③“手法の共有”をすることで、拠点でのトライ回数および生産準備リードタイム削減を達成することを目標とした。目標値を以下に示す(表1)。

表1 目標値

項目	目標値	手法
Q	日本トライ品質同等	金型内計測による成形状態再現 (OUTPUT管理)
C	ロス最小	ベースとなる基本条件の準備 (INPUT準備)
D	トライ1回、リードタイム1週間	(上記2項実施による)

### 3-2. 取り組みの概要

原因分析で記述したとおり、日本と拠点で成形機の仕様に差異がある。そのため、入力側の成形条件の管理ではなく、出力側つまり金型内の成形品自体の状態を可視化し、日本での良品状態を拠点で再現することとした。

### 3-3. ツールの概要

今回、金型内の成形状態を可視化するため、日本キスラー株式会社の圧力センサを使用し、金型内の樹脂表面に直接接触して測定することとした(図5)。これにより、図6に示すとおり金型内の挙動が圧力波形という形で見えるようになる。グラフの横軸は成形時間(秒)、縦軸は金型内の圧力(MPa)である。

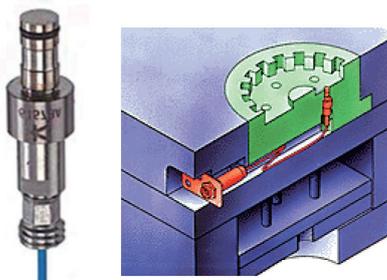


図5 日本キスラー社の圧力センサ

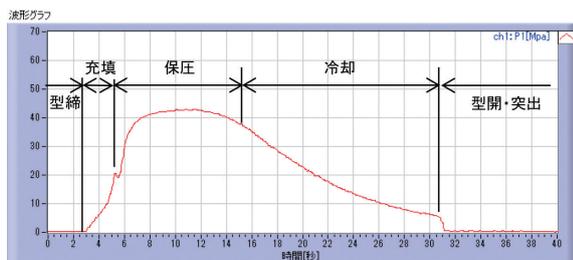


図6 一般的な圧力波形

## 4 取り組み着手

### 4-1. 日本での基準圧力波形の取得

まず、拠点へ移管後のトライ時に日本で作り込んだ成形の状態が再現できているかを確認するための基準圧力波形を取得した。今回、製品部への流動口であり“最も長時間にわたり挙動を監視することができるゲートの直下”と“未充填を監視できる流動末端部”の2箇所に圧力センサを設置した(図7)。

は圧力ピークが高い方で、流動末端部側は圧力ピークが低い方である。圧力波形の合わせ込み範囲は、成形機入力側で制御できる充填・保圧工程と仮決めし着手した。

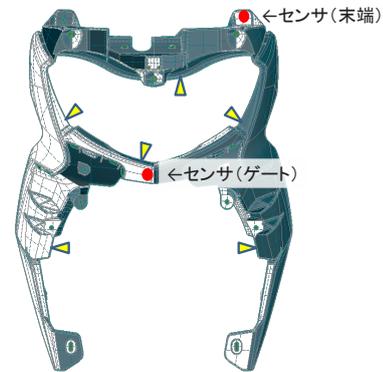


図7 センサ組み込み位置



図8 基準圧力波形と合わせ込み範囲

### 4-2. 条件読替

拠点において日本での良品状態の再現トライを効率よく行うため、メーカー仕様表に基づいて拠点成形機用への条件読替を行った。一例を表2に記す。

表2 成形機仕様表に基づく条件読替の一例

成形機仕様			
	メーカー	動力	スクリュ径
日本トライ機	J社	電動	φ100
拠点生産機	T社	油圧	φ105

仕様表に基づく読替			
	圧力	速度	位置
日本トライ機	100 Mpa	30 mm/s	100 mm
↓ 仕様表に基づく読替え			
拠点トライ機	100 Mpa	27.3 mm/s	94.3 mm

### 4-3. 拠点での再現トライ

スペック表に基づいた読替条件でトライした結果を図9に示す。結果は充填時間が伸びたため、有効な保圧時間が減少し、わずかではあるがヒケレベルが悪化した。そのため、射出速度の設定を調整し、圧力波形の立ち上がり方および充填時間を合わせた(図10)。この結果、保圧時の圧力ピークが高くなり、日本でのトライ時以上のバリが発生した。

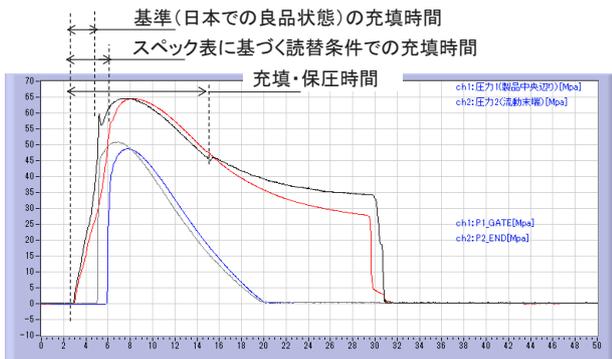
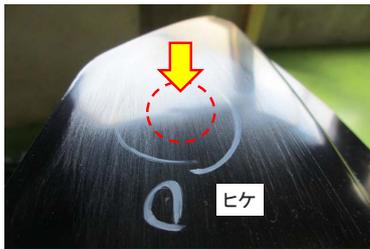


図9 スペック表に基づいて読み替えた条件での圧力波形

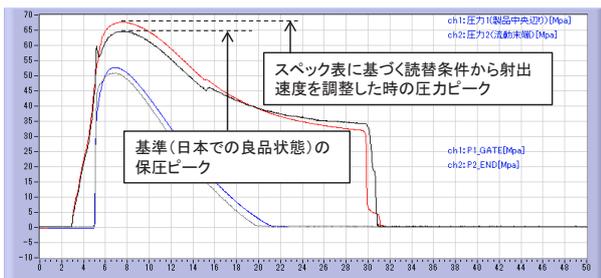


図10 射出速度のみ調整した条件での圧力波形

### 4-4. 波形の再現

前項の結果から、日本でのトライ時の圧力波形が再現されていないことに加え、製品の品質にも差異があることが分かった。そこで、圧力波形の再現と品質の関係性を調べるために、成形条件を調整し圧力波形を一致させた(図11)。

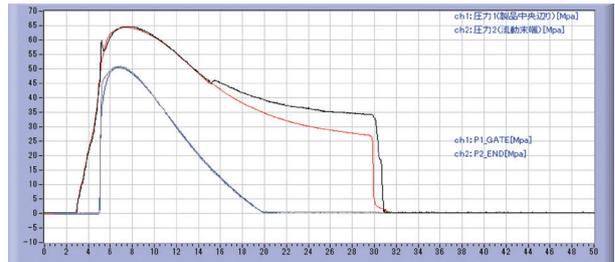


図11 基準に合わせ込んだ圧力波形

### 4-5. 品質確認

前項の圧力波形再現を行った素材製品および塗装製品の品質を確認したところ、日本でのトライ時の製品と同等の外観品質を得ることが確認できた。この結果から圧力波形を一致させることで品質も再現できることが確認でき、本手法の確からしさを確認することができた。

### 4-6. 条件読替係数の織り込み

日本での作り込みの際の情報を拠点でのトライで最大限に生かすため、“スペック表からの条件読替値”と“圧力波形を合わせ込んだ際の条件値”のギャップを読替係数として算出し、成形機差を埋めることを考えた。これは出力側を合わせるための入力側での調整であり、現在は条件読替時にこの係数を織り込んだ処理を行っている(表3)。

表3 読替係数算出

	圧力	速度	位置
日本トライ機	100 Mpa	30 mm/s	100 mm
↓ スペック表に基づく読替え			
拠点生産機	100 Mpa	27.3 mm/s	94.3 mm
↓ 波形一致へ条件調整			
拠点生産機	77 Mpa	34.4 mm/s	98 mm
↓ 上記2項の差異			
係数	0.77	1.26	1.04

#### 4-7. 取り組みの再確認

「読替係数の妥当性」および「圧力波形の合わせ込みによる品質再現性」を他モデルでも確認した(図12)。結果、読替係数については微調整で基準圧力波形に合わせ込み可能なレベルとなり、さらなるトライの効率向上に目処が立った。品質再現性についても圧力波形が同等であれば品質も同等になるということも確認できた。また、良品条件幅が狭いことが多い“一つの金型に複数の製品を配置した多数個型”においても本取り組みによる効果を確認でき、スムーズな移管ができる目処も立った。

今回の取り組みで、各メーカーの成形機の特徴も把握することができた。中でも最も特徴的だったのは保圧時の圧力差であり、移管前後の成形機の組み合わせによっては40%近い調整が必要であることが分かった。また、圧力波形の立ち上がり方に差異が生じる原因については、電動/油圧の動力の差異により発生したと考察した。圧力調整に関しては、これらの結果を踏まえた安全側(金型負担に低い側)からの調整を継続することとした。

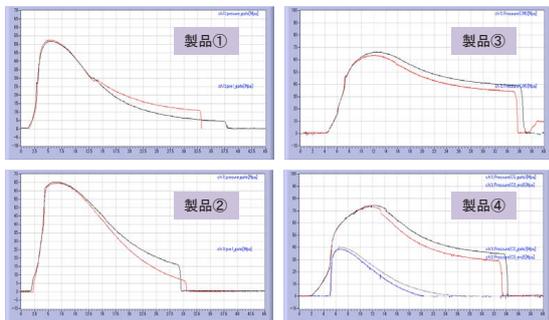


図12 他モデルでの合わせ込み例

#### 4-8. 効果の確認

金型内の成形状態をモニタリングしながら日本での作り込み時の波形および品質を再現する手法の採用と、拠点成形機での再現用にベース成形条件を準備してトライに臨む取り組みを行うことで、拠点でのトライ回数は今までの約3回から1回、生産準備リードタイムは約4週間から1週間に短縮し、生産準備ロスを削減することができた(図13、14)。

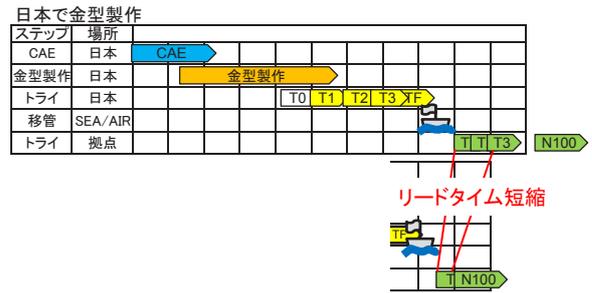


図13 リードタイム短縮の効果

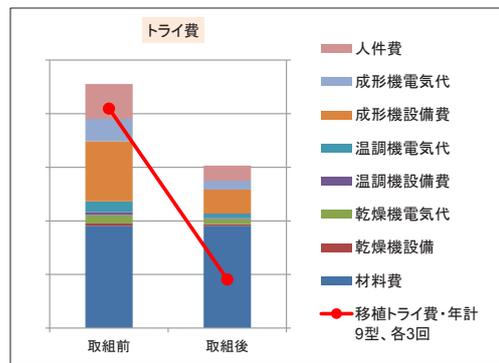


図14 トライ費の削減効果

## 5 まとめ

### 5-1. 継続展開に向けて

今回の取り組みの効果を継続するため、日本での作り込みが完了した金型には「拠点成形機用に読み替えた成形条件」と「基準圧力波形データ」をセットにして移管していくこととした(図15)。そして、ルーチン化への落とし込みとして、現地スタッフへの計測作業やトライでの圧力波形合わせ込み方法をマニュアル提示のもとに教育しており、現地化の目処も立っている。

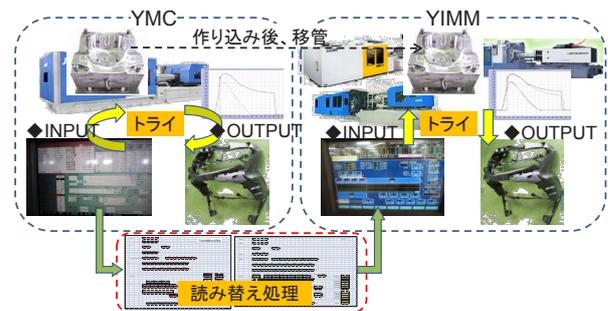


図15 効率的な生産準備

## 5-2. 最後に

今後は、金型完成後の作り込みリードタイム短縮に向けた取り組みを計画している。具体的には、CAE段階での検討回数を増やし、少しでも品質に懸念がある部位については製品設計や金型設計に事前に要件を織り込むことで、トライ回数削減およびリードタイム短縮を目指す。また、これらの事前検討を精度良く行なっていくために実機とCAEとの合わせ込みや相関取りにも取り組む予定である。最終的には、ベースとなる成形条件表や、良品を得られるであろう狙いの成形圧力波形を準備して実機トライに臨む形を目指している。

### ■著者



#### 高橋 宏明

Hiroaki Takahashi

PF車両ユニット

コンポーネント統括部

生産技術部