

樹脂流動解析による射出成形用金型開発の支援（第2報）
シロッコファン用金型開発への樹脂流動解析の適用

松永尚徳、檜垣和生、下原伊智朗、中下和俊*

CAE for injection molding (2nd Report)
CAE for development of the sirocco fan mold

MATSUNAGA Hisanori, HIGAKI Kazuo, SHIMOHARA Ichiro, NAKASHITA Kazutoshi

We applied CAE to development of the sirocco fan mold. The following results were obtained.

- 1) In this research, the COOL analysis had a margin of error. Investigation into the cause and improvement in the analysis technique are an issue in the future.
- 2) It is necessary to understand structure of the mold before the FPAC analysis.
- 3) If the data-base could be constructed, it is possible to predict unbalance of the sirocco fan by the WARP analysis.

キーワード：射出成形、CAE、シロッコファン、そり、回転バランス

1 緒言

近年ものづくりの業界に於いてものづくりのデジタル化が急激に進んでおり、系列の崩壊や世界的視野に立った受注力強化が必要な時代となっている。開発・設計において開発コストの削減や開発期間の短縮にはCAEが有効とされており、各種シミュレーションが適用され、近年生産工程におけるシミュレーションも実用化・普及が進んでいる。しかし、射出成形に関するシミュレーションはまだまだ発展途上の段階であり、改良が進められている。また、射出成形に関しても数値化や数式化できない不明な部分が数多く残されているため、解析利用者の細かな工夫とデータベースの収集が必要とされている。

本報ではシロッコファンに樹脂流動解析を適用する。シロッコファンは、送風能力に併せてファンの回転バランスが要求され、試作金型による微調整が必要な成形品の一つである。ここでは、回転バランスを予測する手法について検討した。

2 解析方法

2.1 使用したシステム

樹脂流動解析では(株)プラメディアの PLANETS を使用した。

2.2 樹脂物性データ

実生産で使用するポリプロピレンについて、メーカーから表1に示す樹脂物性データを入手した。グレード

及び詳細についてはここでは割愛する。なお、PLANETS では PVT データ、粘度データは定められた近似式の形で与える必要があるため、入手したデータを近似式にフィッティングさせた。図1にPVTデータ、図2に粘度データのフィッティング結果を示す。

表1 入手した樹脂物性

項目	備考
密度	
ポアソン比	温度 3 水準
比熱	温度 3 水準
線膨張係数	温度 3 水準
熱伝導率	温度 2 水準
ヤング率	
固化温度	
ノーフロー温度	
PVT データ	温度 4 5 水準 圧力 6 水準
粘度データ	温度 3 水準 せん断速度 9 水準

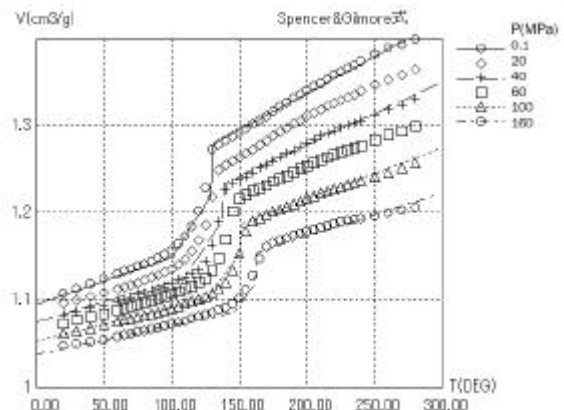


図1 PVT データのフィッティング

* 株式会社モルテン

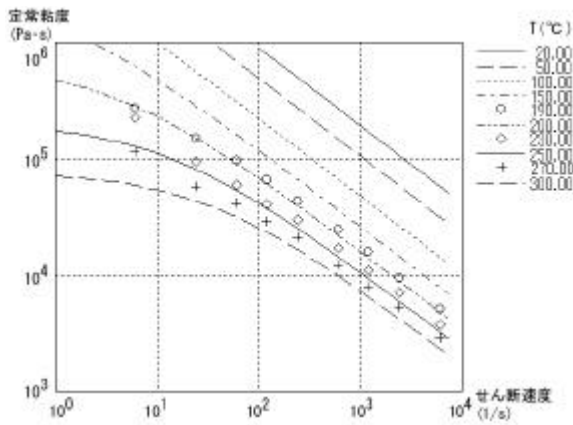


図2 粘度データのフィッティング

2.3 金型冷却解析

シロッコファン及び、その金型を図3に示すようにモデル化を行った。本研究では2.5次元解析(板厚方向の流れを無視しているが、板厚方向の温度分布・速度分布は考慮される)を利用しているため、製品部はシェルモデルで作成している。また、6点ゲート、3点ゲート、1点ゲート及び、3点で非対称なゲートを持つ4種類のモデルを作成した。金型概形と冷却回路はモデル化しているが、計算時間短縮のためエジェ

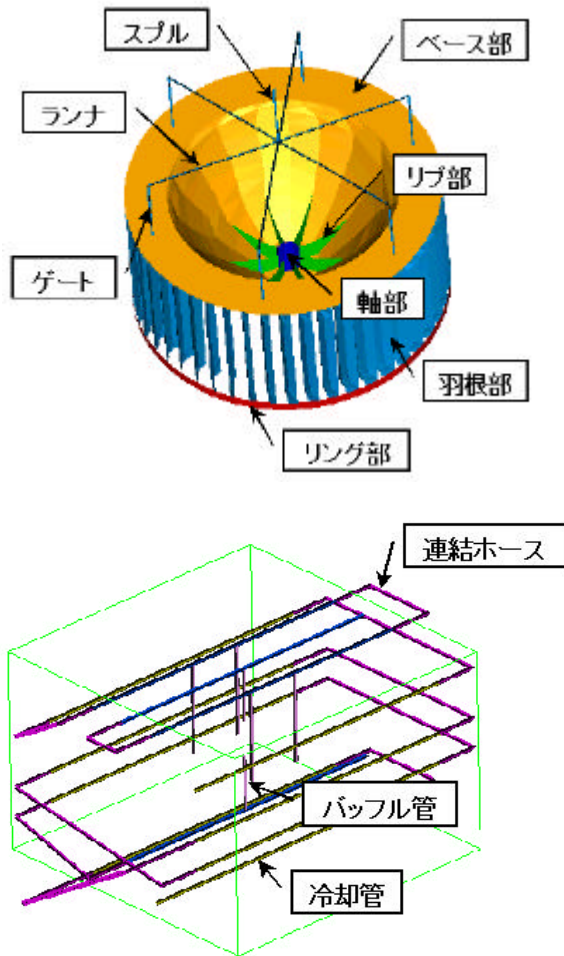


図3 成形品及び金型のモデル

クター機構や中子等のモデル化は省略している。金型冷却解析で入力した成形条件を表2に示す。

本計算により金型表面の1成形サイクル中の平均温度が算出され、充填保圧冷却解析において、金型の冷却状況を考慮した解析が可能となる。

表2 金型冷却解析成形条件

項目	入力値
樹脂温度	230
外気温度	20
成形サイクル	44sec
型開き時間	22sec
冷媒	水,15 ,80cc/sec

2.4 充填保圧冷却解析

金型表面温度を入力値、あるいは金型冷却解析で求めた金型表面温度分布とし、射出・保圧・冷却過程の樹脂の挙動を解析する。充填保圧冷却解析で入力した成形条件を表3に示す。

表3 充填保圧冷却解析成形条件

項目	入力値
樹脂温度	230
射出速度	72.5cc/sec
最大射出圧力	114.7Mpa
保圧	53.0 MPa , 2.0sec 97.1 MPa , 9.7sec
冷却時間	30sec
金型温度	固定側 35 、可動側 45 もしくは金型冷却解析値

2.5 そり解析

充填保圧冷却解析により求めた樹脂の挙動から、そりの予測を行う。本研究では図4に示すように拘束点を設定した。そり解析の計算条件としては、樹脂の圧力が零になり且つ樹脂温度が固化温度になった時点から離型時までの収縮を初期歪みとして計算させている。

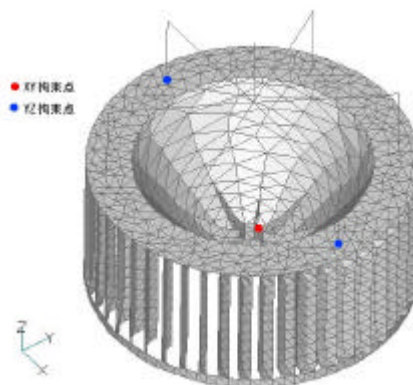


図4 そり解析拘束点

3 解析結果と成形との比較

3.1 使用した装置・樹脂

射出成形機 (株)日本製鋼所 J150SB、金型温調機 (株)松井製作所 MC-20S を使用して成形を行った。

3.2 金型冷却解析

図5に解析結果と実成形での測定結果の比較を示す。なお、実成形での温度は成形状況が安定後に型開き直後の表面温度を接触式温度計により測定したものである。固定側でベース部よりコーン部の温度が高く、可動側ではコーン部よりベース部の温度が高いといった傾向はよく一致している。一方、このモデルでは温度の絶対値に大きな差が認められ、解析では実成形と比較して冷却を過大に評価する傾向が認められた。このように大きな誤差が生じることは希である。誤差の原因究明、解析精度の向上は今後の課題である。

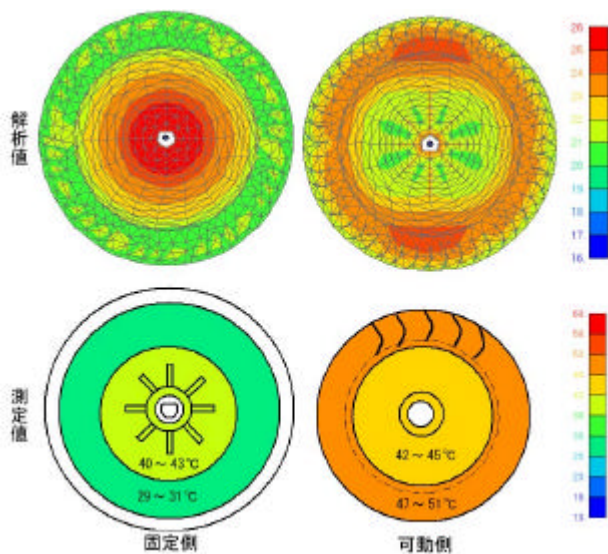


図5 金型表面温度分布

3.3 充填保圧冷却解析

ショートショットにより、最終充填位置の確認を行った。解析結果では図6に示すようにリング部・及び羽根部が最終充填位置となっているが、実際の成形では写真1に示すように軸部が最終充填位置となっている。この主要な原因の一つとして、解析では金型のガス抜き処理が完全であるとの仮定の基に計算しており、実際の金型では金型構造上、ガス抜きが不完全であったために生じた違いと考える。

3.4 そり解析

シロッコファンの回転バランスの評価は、シロッコファンを規定回転数で回転させた時に生じる回転軸の振動の大きさを表すアンバランス量(評価方法はユーザ指定)で評価する。解析結果との比較を行うため、

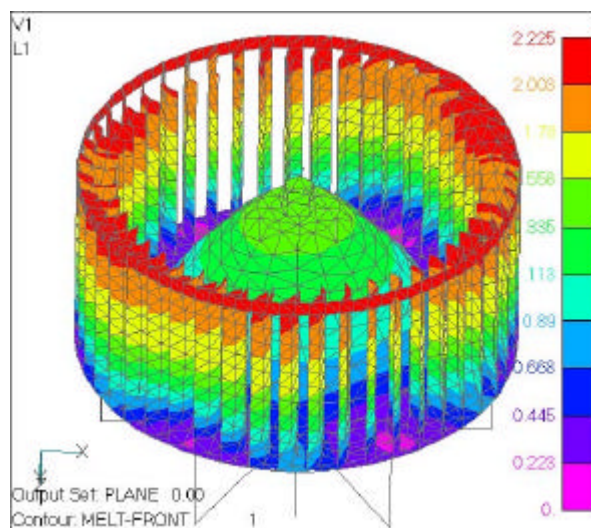


図6 充填の様子



写真1 最終充填位置

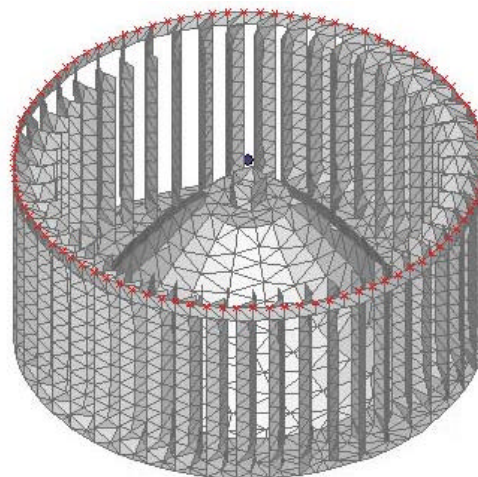


図7 変位ベクトルサンプリング位置

ここではそり解析結果から図7に赤印で示した位置でX,Y方向の変位ベクトルをサンプリングし、その径方向への変位の大きさを評価した。図8に各モデルの解析値から求めた変位分布量の解析値を示す。変則3点ゲートは変位量が大きな部分が発生しているが、軸対称に変位しているため、重心位置は極端には移動していないことがわかる。

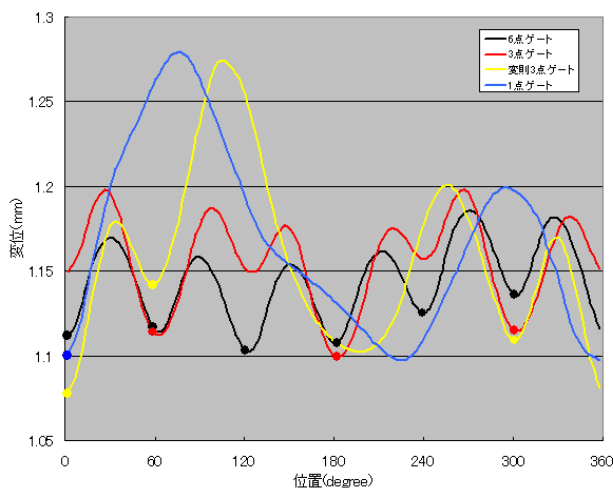


図8 変位量分布 (印はゲート位置)

今回、成形した4種類の成形品について回転バランスを測定した結果及び、上記変位分布量より求められた偏心量を表4に示す。アンバランス量と偏心量には図9に示すように相関関係が認められる。

今後、多種の成形品についてアンバランス量と偏心量のデータを採取することにより、偏心量によるバランス判定の判定値を定めることができる可能性がある。判定値を定めることができれば、試作前に解析からシロッコファンのバランス判定ができるため、金型の試作・修正回数の削減が可能である。但し、製品形状は軸対称に設計されることが普通であり、回転バランスの乱れの主な原因は金型の冷却回路設計と金型の加工精度によるものと考えられる。従って、金型冷却解析の解析技術向上と、金型の加工誤差をどのように解析に反映させるかが、今後の課題である。

表4 アンバランス量と偏心量の比較

種類	No.	アンバランス量	偏心量(mm) *リング部解析値
6点ゲート	1	0.03	0.014
	2	0.08	
	3	0.10	
3点ゲート	1	0.09	0.006
	2	0.02	
	3	0.06	
変則3点ゲート	1	0.08	0.027
	2	0.06	
	3	0.06	
1点ゲート	1	0.39	0.056
	2	0.27	
	3	0.41	

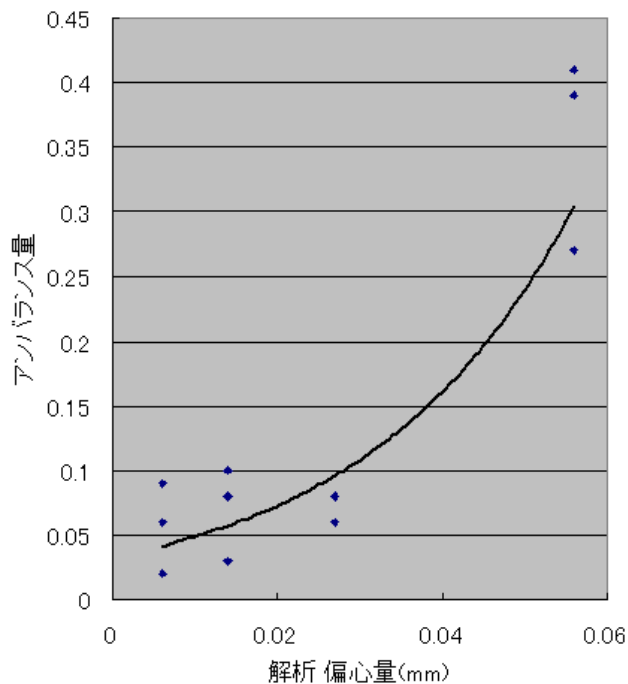


図9 アンバランス量と偏心量の関係

4 結 言

- (1) 今回の解析モデルでは金型冷却解析において温度分布の傾向は測定値によく一致しているが、絶対値に大きな差が認められた。誤差の原因究明と解析精度向上が課題である。
- (2) 充填保圧冷却解析では金型のガス抜き処理の不備が原因とみられる充填状況の違いが認められた。解析ソフトではガス抜き処理が行われているものと仮定して計算されているため、ガス抜き処理不備のため、ガス焼けが生じたり、ガス抜き処理下場合と比較して充填の様子が変わることは解析できない。射出成形解析ソフトではガス抜き以外にも多種に亘る近似や仮定の基に計算しており、この様な部分は解析技術者が評価時に考慮しておく必要がある。
- (3) そり解析で求められたリング部の偏心量と、成形品のアンバランス量に相関が認められた。今後、両者のデータをさらに採取しデータベースを構築することで、CAEによりバランス判定結果を予測できる可能性がある。

なお、本研究は広島県地域研究者養成事業に基づき、民間企業から中堅技術者の参加を得て実施した。

参 考 文 献

- 1) プラメディア, CAE 理論講座資料