

# LED照明用プラスチックレンズの成形における 流動シミュレーション

Simulation of Injection Molding of Plastic Lenses for LED Lighting

近内 孝\*  
Takashi KONNAI

小野 雄樹\*\*  
Yuki ONO

## 要旨

LED照明用プラスチックレンズ製造上の主な課題は、形状の複雑さに起因する射出成形条件設定の難しさ、成形後発生する収縮変形量算出の困難さである。成形レンズにはウエルドなどの外観品質に関わる問題も発生し易い。そこで今回、新たに樹脂流動解析ソフトを導入し、成形条件とその条件での成形時に生じる収縮変形量を予測した。この収縮変形予測を金型加工にフィードバックして試作を行い、配光特性の比較解析により算出した金型補正量が妥当であることを確認した。

## Abstract

The injection molding of plastic lenses for LED lighting present two major problems: difficulty in setting the conditions of injection molding due to the complex form of the lenses, and difficulty in predicting the amount of shrinkage deformation after molding. Further, quality problems in external appearance, such as weld lines, are likely to appear on molded lenses.

In response, we introduced resin flow analyzing software used to predict molding conditions and the amount of shrinkage deformation generated by molding under those conditions. We gave feedback from our predictions to die machining for trial molding and confirmed that die correction, calculated based on a comparison analysis of light distribution characteristics, supported the validity of our simulation.

## 1 はじめに

LED照明は高い発光効率と低消費電力、長寿命等の点に優れることで注目を集める次世代照明である。エネルギー政策の観点から、環境省、経済産業省が2012年までに白熱電球の製造・販売の中止を業界に求めており、省エネへ貢献する代替光源の一つとして、LED照明の市場拡大が進んでいる。

ダウンライト、街路灯など配光角度の制御が必要なLED照明器具では、光を集光または拡散するレンズが用いられる。そのレンズは屈折作用を持つ面と全反射作用を持つ面、拡散作用を持つレンズアレイなどから構成され、更にレンズ保持部材への取付け機構などが必要な場合もあり、レンズ形状が複雑になることが多い。レンズ製造における主な課題は、設計と形状誤差のないレンズ成形、レンズ開発リードタイムの短縮、金型の低コスト化である。これに対し、我々は新たに解析ソフトを導入し、このソフトを用いた成形シミュレーション結果を設計や金型加工にフィードバックする手法を確立した。これによって、まず設計形状に近い金型を製作して実際に成形を行い、条件設定や金型修正を行う従来のトライ&エラーの手法より、リードタイムや試作費用の削減を達成することができた。本稿ではこのシミュレーション手法について述べる。

## 2 レンズ解析1

### 2.1 収縮解析

ここでは我々が開発したレンズ (Fig. 1 に示す) を例にとって説明をする。このレンズを以下「レンズA」と表記する。



Fig. 1 Lens using single LED (lens A).

\* コニカミノルタオプト(株)  
OC事業部 技術部  
\*\* コニカミノルタオプト(株)  
OC事業部 開発部

レンズAは入射側となる凹んだ形状の奥にある屈折作用を持つ面、レンズ側面側の全反射作用面、そして、図ではレンズの反対側となっている見えない出射側アレイ面からなる。これらそれぞれの面精度がレンズの配光特性を決める重要なファクターである。

解析ソフトの導入前にレンズAの試作成形を行ったところ、次に示す2つの問題が発生した。

- ①外観不良、ジェットINGの発生
- ②成形後の収縮変形による配光特性の変化

これらのうち、①は樹脂の充填速度に起因することが判っており、これは射出速度の最適化で解決出来る。我々にとって最大の課題は②のレンズ収縮変形を効率良く解決することだった。

そこで我々はこの課題解決のため、解析ソフト「PLANETS MoldStudio 3D」を新たに導入し、「その解析」（以降は収縮解析と表記）機能を用いて成形後の収縮変形を予測した。特に今回はレンズAにおいてジェットINGの発生しない単位面積当たりの充填速度を成形条件として流動解析を行った。

Fig. 2 にその収縮解析結果を示す。Fig. 2 の(1)にある赤線はレンズAの出射面(A)、入射面(B)それぞれで収縮変形評価を行った位置を表す。また、Fig. 2 (2)は(1)の赤線A部の設計からの収縮変形によるずれ量のシミュレーション結果で、Fig. 2 (3)は赤線B部における同様のシミュレーション結果である。ここで、収縮変形量はマイナスが収縮、プラスが膨張する方向である。

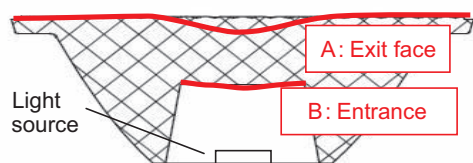


Fig. 2-1 Measurement locations A & B.

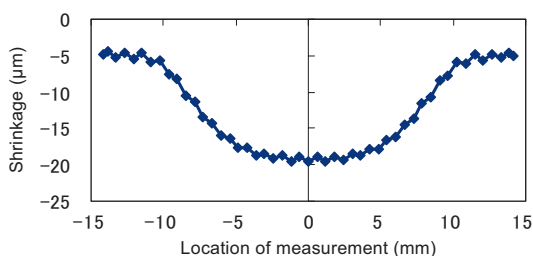


Fig. 2-2 Measured result at location A.

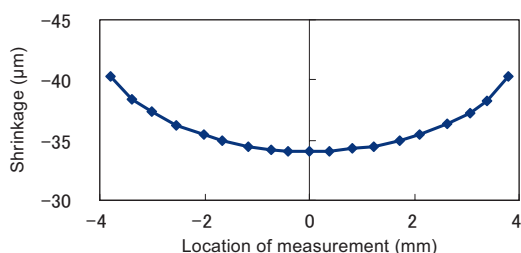


Fig. 2-3 Measured result at location B.

Fig. 2 (2) に示す結果では出射面が設計の厚みに対して収縮した上、凹面形状になっている。一方、Fig. 2 (3) では入射面は設計の厚みに対し収縮しつつ、凸面の曲率半径が小さくなる方向に形状変形する結果となっている。この解析の結果を実成形試作レンズの形状測定結果と比較したところ、2者間に定量的な差はあったが、変形傾向はほぼ一致していた。そこでシミュレーションの結果に対し、実成形レンズ測定結果との差分を補間する補正係数を算出し、両者を整合させた。

## 2.2 解析の妥当性

我々は上記収縮解析で算出した補正係数を使用して金型補正し、試作成形を行った。そこで試作したレンズの配光特性評価結果をFig. 3 に示す。図中“Simulation”としているのは光学設計による配光特性，“Normal”が補正のない金型で整形したレンズの測定結果，“Adjusted”が解析結果をフィードバックして補正を行ったレンズの測定結果である。

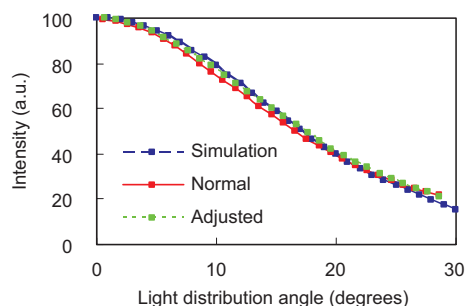


Fig. 3 Evaluation result of light distribution characteristics: Simulation curve is based on optical design, Normal curve is data of lens molded without correction, and Adjusted curve is data of lens with correction.

補正のない金型を使用した試作では、配光角度が光学設計値に対して狭い。これに対し、補正を行った金型で成形したレンズは光学設計と同等の配光特性となっている。また、補正のない金型での測定結果に対し、収縮解析で得た結果を設計に反映してシミュレーションを行った場合の配光角予測値はこの測定結果とほぼ一致していた。これらより、本解析結果が妥当であることを確認した。

補正を行った金型で成形したレンズ試作品をFig. 4 に示す。金型に解析結果を反映した修正を加えることで、成形したサンプルでは所望の配光特性を達成することが出来た。



Fig. 4 Modified lens A (trial product).

### 3 レンズ解析2

#### 3.1 マルチレンズのゲート位置について

レンズAの結果を踏まえ、我々は更に Fig. 5 に示す LED5個を光源として使用するマルチレンズ（以降「レンズB」と表記する）の解析も行った。このレンズBもレンズAと同様にそれぞれのレンズで屈折と全反射作用を持っており、Fig. 5 に図示されない出射側の面は拡散作用のレンズアレイを持つ構成である。

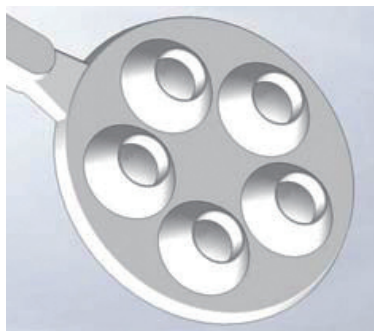
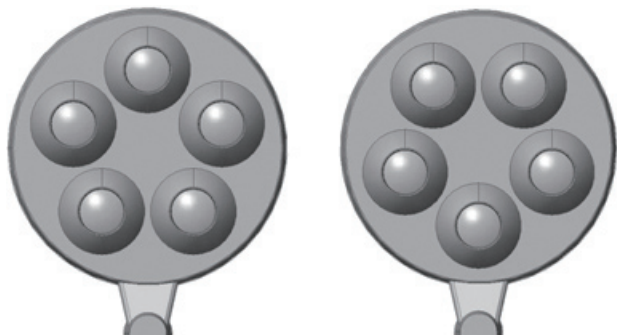


Fig. 5 Lens using 5 LEDs (lens B).

ここでレンズBは環状に5個のLED光源部が配置されているため、まず、ゲート位置の影響を考慮する必要がある。要はゲートに対して各レンズの位置が同じでないことをシミュレーションで考慮しなければならない。

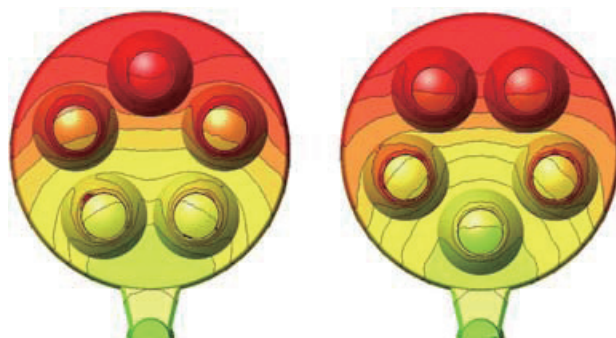
今回我々は Fig. 6 (1) に示す LED 光源部間にゲートを配置した場合と Fig. 6 (2) に示す LED 光源部にゲートを配置した場合の2通りの解析を行った。



- (1) Gate between LED light source points.
- (2) Gate in front of an LED light source point.

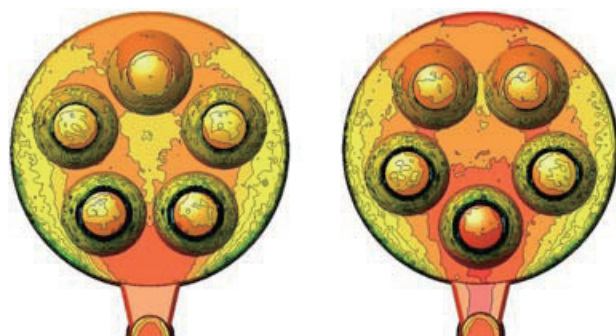
Fig. 6 Gate location.

解析結果のメルトフロント比較を Fig. 7 に、充填完了直後の温度分布を Fig. 8 に示す。これらより、ゲートを LED 光源の間に配置した方がゲート通過後の樹脂がより速く広がり、結果、LED 光源部の温度分布が均一になることが分かった。また、成形後の収縮変形量は温度差の少ない方が小さい。これらの結果から我々はレンズBのゲート位置として LED 光源部の間となる Fig. 6 (1) の配置を採用し、収縮解析をこのゲート位置で行った。



- (1) Gate between LED light source points.
- (2) Gate in front of an LED light source point.

Fig. 7 Melt front.

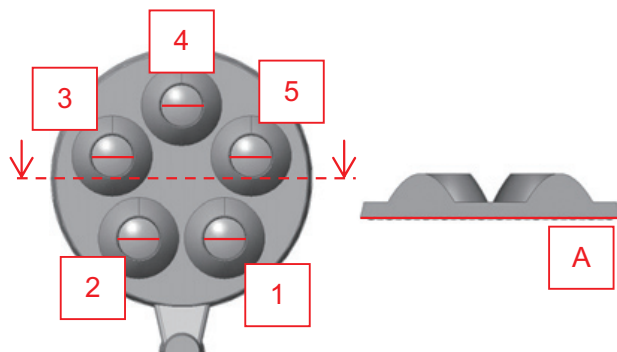


- (1) Gate between LED light source points.
- (2) Gate in front of an LED light source point.

Fig. 8 Thermal distribution at the moment resin completely fills the mold.

#### 3.2 成形収縮変形の解析

Fig. 9 (1-a) はレンズを入射側から見た図で、Fig. 9 (1-b) は (1-a) の赤点線部のレンズ断面を矢印の方向から見た図である。また、Fig. 9 (1-a) の赤線部 1~5、(1-b) の赤線部 A は収縮解析を行った位置を示している。Fig. 9 (2) はこれらそれぞれの位置で解析を行った収縮変形予測をレンズアレイ側から見た斜視図である（ここでは結果を見易くするために変形量を 10 倍に表示している）。また、Fig. 9 (3) に赤線 1~5 の設計値からの収縮変形量を示す。



- (1-a) 1 through 5
- (1-b) A

Fig. 9-1 Measurement locations 1 through 5 and A.

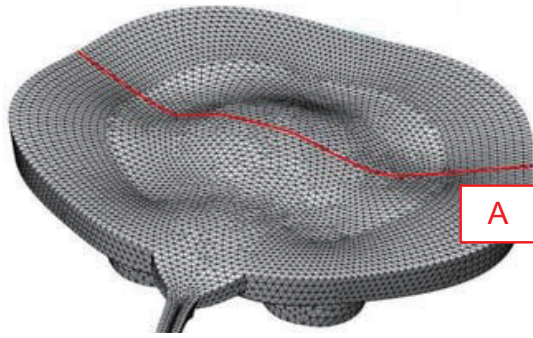


Fig. 9-2 Deformation result at location A (magnification ratio: 10 times).

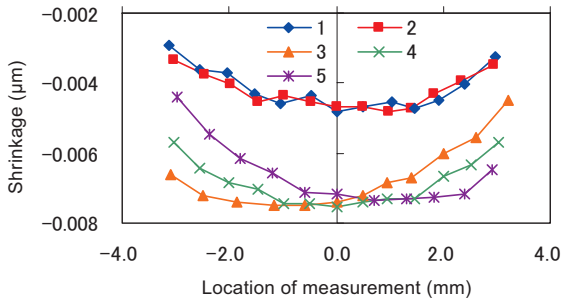


Fig. 9-3 Measured result at locations 1 through 5.

Fig. 9 (2)において、レンズBのアレイ部が均一に収縮せず、LED光源部有無による影響を受けて収縮変形量に不均一が生じていることが分かる。特に、LED光源部のある位置での凹形状への変化が顕著になっている。Fig. 9 (3)の結果は、各LED光源に対応したレンズの収縮がゲートに対する配置の違いによりそれぞれ異なったものになることを示している。

この解析結果にレンズAの解析から得た補正係数を適用し、実成形を行う前に各レンズに必要な補正量を考慮した金型を製作することが出来た。

#### 4 まとめ

LED照明用レンズの成形に解析ソフトを用いたシミュレーションが適用出来ることを確認した。シミュレーションの結果求めた収縮予測量を金型加工と光学設計にフィードバックすることで、金型の作り直しや補正加工の回数を減らすことが出来る。この手法を積極的に取り入れることで、金型製作のコストの削減、及びレンズ開発期間の短縮を進めていきたいと考えている。

#### ●参考文献

- 1) 読売新聞, 2008年4月5日朝刊