

統合NCソフトの開発

Development of Integrated NC Processing Machine Software

小野 雄樹*
Ono, Yuki

松田 裕之**
Matsuda, Hiroyuki

細江 秀***
Hosoe, Shigeru

要旨

プラスチックレンズや、ガラスモールドレンズの成形金型の光学面加工は、NC加工機によって行われる。NCソフトは、NC加工機の動きを制御するNCプログラムを作成するものである。今回開発した統合NCソフトは、以前は各事業所で使用していた独自のNCソフトの機能を集約し、1つにまとめ内製化した。また、粗取り加工から仕上げ加工までを連続して行うことができ、17種類以上のNC加工機に対応し、自由曲面やブレード形状などの光学面の加工に用いるNCプログラムを作成できる。これにより統合NCソフトは、金型光学面加工における各事業所のニーズやノウハウに合わせて一括した改良ができ、その成果を全ての事業所が享受し、共有化できるようになった。

Abstract

The optical surfaces of the metallic molds used in producing plastic lenses or glass mold lenses are machined with NC processing machines. Although in the past various NC software have been used at several Konica Minolta production sites, the functions of the software differed from site to site. In response, we combined all of those functions into a single body of integrated NC software. This newly developed integrated NC software creates programs to control NC processing machines so that machining can be performed continuously, from roughing through finishing. The integrated NC software is compatible with more than seventeen kinds of NC processing machines to create NC programs which machine such optical surfaces as free-form surfaces and Blade forms. In the performance of metallic mold optical surface machining, this development has allowed advances made at each production site to be shared among all while simultaneously serving the particular needs of each.

1 はじめに

以前から各事業所では、それぞれ独自のNCソフトやNC加工機に付属しているNCソフトを長年使ってきた。しかし、これらの分散したNCソフトはメンテナンスに定常的に人手をさく余裕がないため、徐々に陳腐化したり、新しい光学面形状に対応できなくなってきた。そのため必要に応じて光学面の形状ごとにNCソフトとは別の専用ソフトを作成して、NCプログラムを作成していた。また、会社統合により事業所が増えたこともあり、光学面金型加工のノウハウの共有が難しくなった。このような問題に対し、各事業所のNCソフトの機能を集約した統合的なNCソフトを内製開発し、一括管理することで解決できると考え、統合NCソフトを開発した。

2 統合NCソフトの役割

統合NCソフトに要求される基本的なコンセプトは、どの事業所でも、誰でも、どんな光学面形状でも、どのNC加工機であっても、容易に間違いなくNCプログラムが作成できることである。具体的には、

- ①現在各事業所で使用している光学面金型加工用NC加工機すべてに対応したNCプログラムを作成できること
- ②各事業所の光学面金型加工現場のニーズやノウハウをすべて集約していること
- ③自由曲面、ブレード形状、階段形状や、今後考えられる新規な光学面形状にも対応したNCプログラムを作成できること
- ④今後変化していく加工現場のニーズに素早く対応するため内製のソフトであること

である。また、これらを実現するためには継続的にメンテナンスをするための専任のソフト開発者を1名置くことが必要である。このような環境を整えることで、統合NCソフトは、これまでよりも効率よく低コストで管理することができ、全ての事業所で常に最新のNCソフトを使うことができる。

* コニカミノルタオプト(株) 光学研究部 光学設計1グループ
** コニカミノルタオプト(株) OC技術グループ
*** コニカミノルタオプト(株) 光学研究部 加工技術グループ

3 NCプログラム

レンズの製造はFig. 1に示すような順で行われる。NCソフトは図の光学面金型加工の際に必要な。光学面

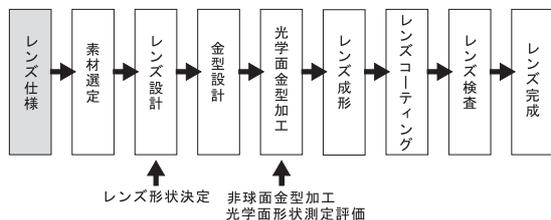


Fig.1 Manufacturing process

加工は粗取り加工・中仕上げ加工・仕上げ加工の3段階で加工する。また、同一加工工程であっても使用しているNC加工機が各事業所で異なる場合がある。従って統合NCソフトは種類の異なるNC加工機の読み込み書式に従ってNCプログラムを出力することが必要である。このNCプログラムとは、NC加工機を動かす命令書に当たり概ね変数初期化部分、金型加工部分、工具の退避・加工終了部分から成る。(Fig. 2)

```

WATCH:#20=CUI_DEPTH
WATCH:#30=FEED
.....
#1=0.0
#11=9.0
#12=1.0
#13=1.0
#21=0.00200
#31=12.00
#16=3.00
#26=3.00
#22=0.00200
#32=2.00
#17=3.00
#27=3.00
#23=0.00200
#33=2.00
#18=3.00
#28=3.00
.....
WHILE[#1 LT 3] D01
#2=0.0
IF[#1 NE 0.0] GOTO 1000
#10=#11
.....
GOTO 3000
N1000IF[#1 NE 1.0] GOTO 2000
.....
GOTO 3000
N2000#10=#13
.....
N3000WHILE [#2 LT #10] D02
.....
G01X0.000000Z10.000000B0.000000F100.00
#4=#20+10.000000
G01X0.000000Z10.000000B0.000000F100.00
.....
X-5.000000Z10.000000B0.000000
X-1.953602Z1.714873R0.896162B-60.579382S200
.....
X-0.084805Z0.002378R1.436092B-3.209523S600
X0.000000Z0.000000R1.512634B0.000000S600
G01X0.000000Z0.050000B0.000000F0.50
X0.000000Z10.000000B0.000000F100.00
#2=#2+1.0
END2
#1=#1+1.0
END1
X-30.000000Z20.000000B0.000000
M16
M09
M56
M50
M30
%
    
```

変数初期化部分

金型加工部分

工具退避部分

Fig.2 Sample NC program

変数初期化部分では切り込み量や加工速度などの数値を変数に代入し、金型加工部分には、繰返し加工を行う場合の制御文や、工具の動きを計算した座標値などが書かれている。最後の部分では金型加工を終了するための工具の退避などの手続きが書かれている。工具の動きの座標値は、工具と金型（ワーク）の接触する加工点の座標値ではなく、工具の中心が通過する点の座標値が書かれる。NCプログラムは各加工機ごとに文法が異なるため、その書式に合わせて書かれていなければならない。

4 開発内容

4.1 入出力項目

Fig. 3に統合NCソフトの概要を示す。

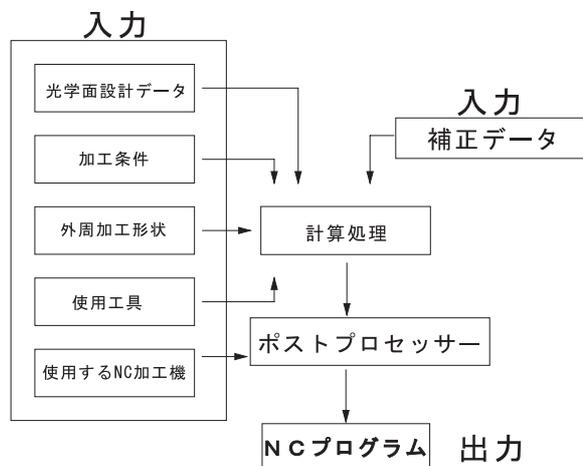


Fig.3 System architecture

NCプログラムを作成するために統合NCソフトに入力しなくてはならない条件や選択などの項目は、光学面形状の選択と光学面の設計データ、外周加工形状の選択とその形状を決定するための数値、切り込み量や加工速度などの加工条件、使用する工具の選択とその形状を決定するための数値、使用するNC加工機の選択等である。これらの入力データから工具軌跡を計算処理し、ポストプロセッサで、各NC加工機の読み込み書式に合わせてNCプログラムを出力する。ポストプロセッサは、NCプログラム中で必要な変数に値を代入する処理部分や、NC加工機の繰返し動作等に必要な制御文等も出力する。

入力においては、作業者ができるだけ直感的に分かり易く、簡単に入力操作できるように、ヒューマンインターフェースとなるGUIの開発にも、各事業所の要望を盛り込んだ。

4.2 光学面設計データの入力

加工する光学面形状は、非球面形状、ブレード形状、階段形状、自由曲面の4種類に分類される。各光学面形

状の光学面定義式が異なるため入力項目も形状ごとに異なる。したがって光学面設計データの入力画面は、光学面形状の選択により、必要な項目のみ入力するように、入力項目の表示を切り替える機能を有する。ただし、光学面加工を行う範囲など形状の違いによらない入力項目は、常に画面中の固定位置に表示し入力する。ブレード形状の場合は輪帯数が数十から数百になることもあり、その1つ1つを手入力で行うことが困難なため、光学面の設計データファイルをそのまま読み込む機能も有する。

入力した光学面設計データの値に間違いがないか確認するために、入力した値を用いて光学面形状を描画し、各座標の値とその点の法線角度を計算し値を表示する等のチェック機能を有している。

これにより入力時間の短縮と、入力ミスを減らすことが可能となった。

4. 3 加工条件入力

加工条件の設定は同じNC加工機を使用する場合にも粗加工、中間仕上げ、仕上げの各加工段階に応じて切り込み量や加工速度などの値を入力する。実際には各加工機の持っている機械座標系が異なっているため同じ動きをさせる場合でも指定する座標軸が異なり、入力する値が異なったり、符号が反転するということが起きる。特に3軸以上の軸配置を持ったNC加工機で自由曲面等を加工する際は、ワークや工具の位置関係を間違え易い。(Fig. 4)今回開発した統合NCソフトにはあらかじめ使用するNC加工機の機械座標の軸配置を組み込んでいる。このためNCプログラムを作成する際に、使用するNC加工機を選択すると自動的にNC加工機の機械座標の軸配置に合わせてポストプロセッサで工具軌跡の計算が行われる。

従って、作業者はこの加工条件の入力の際にNC加工機の機械座標の軸配置を考えることなく必要な数値のみを入力でき、入力ミスを減らすことが可能となった。

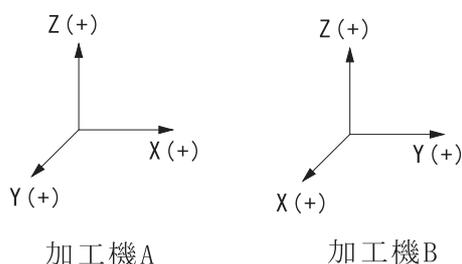


Fig.4 Differing axes

4. 4 外周部の形状選択

外周加工とは光学面と端面に挟まれた部分の加工のことを言う。この外周部の形状は、接円弧・角度付円弧・接線延長・仰角付延長・光軸方向切込みの5種類から選択でき、各形状の決定に必要な項目を入力する。例とし

て接円弧の場合をFig. 5に示す。この場合は外周部の幅と円弧の半径の値を入力することで光学面と端面にそれぞれ共通な接線を有する円弧で滑らかに接続する外周形状を設定できる。

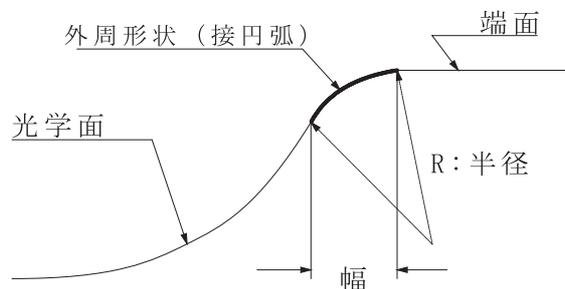


Fig.5 Shape of lens fillet

また、5種類の外周形状は容易に組み合わせることができ、10段まで設定できる。外周形状を設定する度にその形状をグラフに表示する機能を有しているため、複雑な外周形状にも入力ミスが起きないように対応できる。

4. 5 使用工具の選択

使用できる工具は6種類である。各工具によって工具の形状を決定するための入力項目が異なる。また、入力項目の名称だけでは工具のどの部分を指すのかわかりにくいことから、使用工具を選択すると、その工具に必要な入力項目のみを表示し、同時にその工具の一般的な図面を表示し、必要な入力項目を確認できる。

4. 6 形状誤差測定データ処理

1回の光学面加工では、必要な光学面形状の精度が得られないことがある。このときの形状誤差を減らすために行う加工が補正加工である。この補正加工に使うNCプログラムは光学面の設計値から形状誤差量を補正しているが、この補正量を求めるための処理が形状誤差測定データ処理である。

形状誤差の測定には、市販や内製の高精度形状測定器を用い、そのファイル出力をそのまま入力できるようにしてある。

この形状誤差測定データから作成する補正データは、①異常点除去、②データ延長、③データ全体を平滑化(移動平均、XY多項式近似)、④光学面の半径方向に沿って補正の割合を設定、⑤等ピッチデータにしてファイル出力、の順で処理を行う。形状誤差データは、多項式近似か移動平均のいずれかを用いて平滑化される。平滑化した形状誤差測定データのグラフをFig. 6に示す。

Fig. 6のグラフの(i)が形状誤差データで光学面金型が回転対称なものであったことからデータを折り返して重ねている。折り返した形状誤差データを、XY多項式を

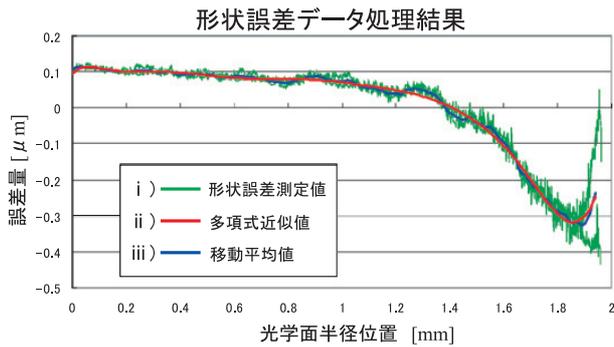


Fig.6 Error data smoothing

用いて最小二乗法でフィッティングした結果と、移動平均を用いて平滑化した結果がそれぞれ (ii)(iii) である。この2通りの方法のいずれか一方を選択し、形状誤差データを平滑化して、補正データをファイル出力する。この補正データを用いて補正加工用のNCプログラムを作成するが、作成時に補正データに補正率を設定する機能も有している。これは任意の設定位置で補正率を百分率で設定し、補正データと補正率の積を計算して出力する機能である。

例えば、光学面の中心付近では補正率を100%とし補正データに1をかけた値を使い、外周部付近では補正率を90%とし補正データの値に0.9をかけた値を使うということが可能となる。いくつかの位置で補正率を設定した場合は、その区間で補正率を光学面の半径方向の座標に対して滑らかに変化させて、補正量に急峻な変化が起きない処理を行う。補正率を設定するとその都度補正率の変化をグラフ表示することで直感的な設定が可能となり、金型加工技能者が個人で有する工具磨耗等の見込み感覚までも、NCプログラムに容易に反映することができる。さらに設定状況はファイル保存することもでき、過去の設定から補正の効き方の傾向を見るという使い方も可能である。この機能により加工する形状の特徴や工具の状態に合わせた補正加工が可能となった。また、前回の補正加工に用いた補正データを読み込み合成する機能を有し、複数回の連続した補正加工にも対応することができる。この機能により1回の補正加工では完全に形状誤差を取り除けない場合でも2回目の補正加工を行うことでさらに形状誤差を小さく抑えることができる。Fig. 7に高NAのピックアップ用レンズの光学面金型加工でNA0.85を成す強曲率の光学面形状に補正加工を行った結果を示す。補正加工を行うことで、補正前にはP-V約420nmあった形状誤差をP-V約100nm以内に抑えることができた。Fig. 7のグラフから平均曲率半径誤差(フィッティングR誤差)を除いて残った形状うねり成分をFig. 8に示す。P-V40nm程度に収まっているのが分かる。

Fig. 9に統合NCソフトにより加工した金型で成形された、高NAピックアップレンズの波面収差を示す。要求仕

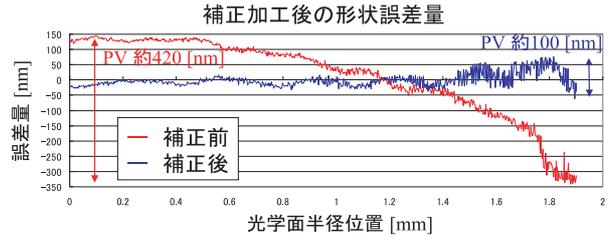


Fig.7 Figure correction

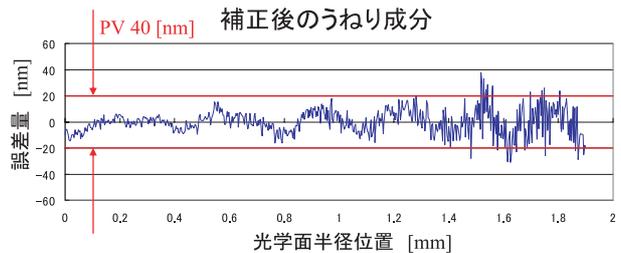


Fig.8 Swell component

様のRMS 50mλ (波長405nm) に対して、RMS 24.6mλ であり、十分な光学性能を得ることができた。

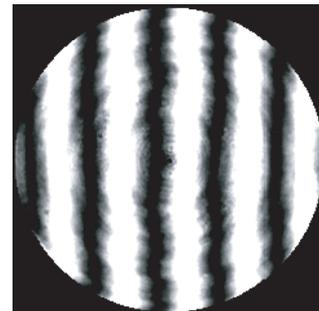


Fig.9 Wavefront aberration

5 まとめ

今回開発した統合NCソフトは、17種類40台以上のNC加工機に対応し、容易な操作でNCプログラムを作成することを可能とした。また内製ソフトであるため加工現場のニーズや新規加工機への対応も容易である。加工難度の高い高NAピックアップレンズの光学面金型加工を行い、要求される精度で加工できることを確認した。今後は自由曲面やブレード形状等の加工を行いながら各事業所への展開を進めていく予定である。