

안경렌즈 코아 가공을 위한 비구면 형상 도출 프로그램 개발

이동희

을지대학교 안경광학과

(2007년 8월 18일 받음, 2007년 9월 20일 수정본 받음)

polycarbonate(PC)용 안경렌즈를 생산하는데 사용되는 몰드(mold)를 가공하기 위해서는 코아(core)의 가공이 필요하다. 코아의 가공은 Diamond Turning Machine(DTM) 또는 Computer Numerical Control(CNC) 선반으로 이루어지는데 이러한 장비의 운용을 위해서는 렌즈 코아 형상에 대한 수치 데이터가 필요하게 된다. 이에 우리는 렌즈 코아 형상에 대한 수치 데이터를 산출하는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 일반 비구면 식의 계수를 사용하여 수치 데이터를 산출할 수 있도록 개발하였으며, 형상 그래프를 보여줄 수 있도록 하였고, 필요한 수치 데이터 파일을 저장할 수 있도록 하였다.

주제어: 코아 가공, 안경렌즈, 비구면, 비대칭 비구면, 토릭면

서 론

1980년대부터 안전성을 중시하는 미국에서는 18세 이하 청소년 안경은 눈의 보호를 위하여 polycarbonate(PC) 소자로 만들어야 하는 규정이 있다^[1]. 최근에는 PC소자가 고굴절(1.59이상) 시장의 대체 렌즈 소자로도 부각되고 있다. 이에 한국에서도 수출을 하기 위해 PC소자로 만든 안경 렌즈를 가공 생산 하려는 움직임이 나타나고 있다. 이러한 PC렌즈는 사출성형법으로 안경렌즈를 생산하고 있는데 여기에 사용되는 몰드(mold)를 가공하기 위한 코아(core)의 생산을 독자적으로 하고자 하는 시도가 국내에서 이루어지고 있다. 그리고 기존 CR-39 계열의 안경렌즈 생산 방식은 다이캐스팅 시스템(die casting system)으로 CR-39 원료를 몰드 사이에 놓고 가스켓(gasket)을 사용하여 사출 성형하여 24시간 정도 오븐(oven)으로 구우며 반가공 렌즈(semi-lens)나 생지 형태로 생산하고 있다^[2]. 여기에도 유리몰드를 가공하기 위한 금속의 금형을 사용하는데 역시 코아의 설계 생산이 필요하다. 이에 Diamond Turning Machine(DTM) 또는 Computer Numerical Control (CNC) 선반에 의한 안경 렌즈 코아 가공에 필요한 수치 데이터를 산출하는 프로그램에 대해서 본 논문에서 다루어 보고자 한다.

이론적인 배경

설계되어진 안경렌즈의 몰드의 코아를 만들기 위해서는 DTM 또는 CNC 선반을 사용하여야 하는데 이에는 렌즈 데이터를 수치화한 자료를 입력하여야 한다. 형성면이 구면인 경우는 DTM 또는 CNC 선반 자체의 기능으로 코아를 제작할 수 있지만 비구면인 경우에는 외부에서 형상에 대한 수치 데이터를 산출하여 입력해 주어야 하는 경우가 있다.

비구면(aspherical surface)식을 적어보면 아래와 같다^[3,4].

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + A_4r^4 + A_6r^6 + A_8r^8 + A_{10}r^{10} \quad (1)$$

여기서 c 는 근축영역의 곡률반경의 역수 즉 곡률이고, k 는 코닉(conic)계수이고 A_4, A_6, A_8, A_{10} 은 비구면 계수이다.

비대칭 비구면(anamorphic aspherical surface)의 식을 적어보면 다음과 같다^[5,6].

$$z = \frac{\frac{x^2}{r_x} + \frac{y^2}{r_y}}{1 + \sqrt{1 - (1+k_x)\frac{x^2}{r_x^2} - (1+k_y)\frac{y^2}{r_y^2}}} +$$

$$AR \left((1-AP)x^2 + (1+AP)y^2 \right)^2 + BR \left((1-BP)x^2 + (1+BP)y^2 \right)^3 \quad (2)$$

여기서 r_y 는 YZ 평면에서의 근축 곡률반경, r_x 는 XZ 평면에서의 근축 곡률반경, k_x 는 XZ 평면에서의 코닉계수, k_y 는 YZ 평면에서의 코닉계수, AR과 BR은 Z축에 대해서 회전대칭인 각각 4차와 6차 비구면계수, AP와 BP는 Z축에 대해서 회전비대칭인 각각 4차와 6차 비구면계수를 나타낸다.

토탈 비구면을 포함하는 비대칭 비구면에 대한 수치 데이터 산출은 데이터 량이 3차원적으로 주어져야 하기 때문에 데이터 량이 방대하게 많아진다^{7,8)}. 그리고 비대칭 비구면에 대한 형상에 대한 수치 데이터를 산출하는 프로그래밍은 현재 사용되는 코아 가공 장비의 데이터 입력방식이 다양한 관계로 통일된 수치 데이터를 산출하는 프로그램을 개발하기가 어렵다. 따라서 다음 논문에서 이 문제를 언급하기로 하고 이번에는 비구면에 대한 형상에 관한 수치 데이터를 산출하는 프로그래밍을 개발하는 것으로 하였다.

식 (1)은 대칭 비구면이기 때문에 좌표설정시 수직축을 z축, 수평축을 r축으로 하여 프로그래밍하였다.

프로그래밍 작업은 다양한 프로그래밍 컴포넌트를 제공하여 코딩에 편리한 볼랜드사의 델파이6.0 언어를 사용하였다⁹⁾.

프로그래밍⁹⁾

프로그래밍은 볼랜드사의 델파이6.0에서 제공하는 다양한 컴포넌트를 폼에 배치하여 윈도우를 시각적으로 디자인하는 것에서 출발하였다. 다음 장의 프로그램 실시예에 나타나는 화면을 구성하기 위해서는 Label, Edit, Button, BitBtn, PaintBox, ListBox, SaveDialog 등이 필요하다.

Edit는 화면에서의 데이터 입력창을 제공하고, Label은 데이터 입력창 왼쪽의 라벨을 나타내는 컴포넌트이다. Button은 화면에서의 ‘click-calculation’을 제공하는데 이 버튼을 누르면 식 (1)에 의한 비구면 형상 수치 데이터를 계산하고 ListBox 컴포넌트에 의한 오른쪽 화면 데이터 출력 창에 데이터를 출력 하게 된다. 수치 데이터 계산에 사용하는 언어는 파스칼을 사용하는데, 프로그램 리스트는 아래와 같다.

```
for i:=0 to ik do
begin
xx:= i*interval;
zsag:=cc*xx*xx/( 1+ sqrt(1-(1+kk)*cc*
cc*xx*xx))+AA[4]*xx*xx*xx*xx+AA[6]*xx*xx*xx*xx*xx
```

```
+AA[8]*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx
+AA[10]*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx*xx;
xxx[i]:=xx;
zzz[i]:=round(zsag*10000)/10000;
ListBox1.Items.Add(FloatToStr(xxx[i])+
'+FloatToStr(zzz[i]));
end;
```

여기서 변수 ik는 iteration 값을 나타내고, xx는 데이터 출력 간격(interval)의 정수배로서 z축 sag값을 계산하는 x축 값이 된다. kk 는 코닉 계수이고, cc는 근축영역의 곡률반경의 역수 즉 곡률이며, AA[]는 Edit 창에서 입력된 비구면 계수이다.

BitBtn는 ‘그래픽’과 ‘Data파일저장’ 버튼을 제공하는데 이는 각각 렌즈 형상을 화면에 보여주는 PaintBox와 수치 데이터를 파일로 저장하게 하는 SaveDialog 컴포넌트와 연계되어있다.

프로그램 실시예

그림 1은 비구면 계수 등 렌즈 수치 데이터를 입력하여 계산을 진행시키는 모드를 보여준다. ‘click-calculation’ 버튼을 누르면 오른쪽에 있는 창에 데이터를 출력하여 확인할 수 있도록 하였다. 그다음 ‘그래픽’ 버튼을 누르면 그림 2와 같이 비구면 형상을 디스플레이 하여 눈으로 확인할 수 있도록 하였다. 비구면 형상을 얇게 자른 간격의 개수인 iteration 개수와 형상의 마지막 부분의 z축 sag값을 확인할 수 있도록 프로그램 상단 각각 ‘Last iteration’, ‘Last z-sag’ 표기를 설정하여 보이도록 하였다.

그림 2에 사용되어진 안경 렌즈 데이터¹⁰⁾는 제1면 데이터로 곡률반경 293 mm, $k=-98.5$, $A_4=5.42 \times 10^{-7}$, $A_6=-5.12 \times 10^{-11}$ 인 2.00 Dptr 렌즈에 대한 자료를 출력하고

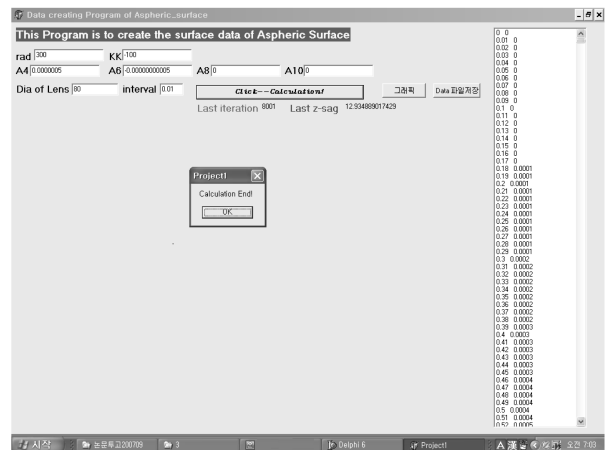


Fig. 1. Status of Calculation mode after inputting lens design data.

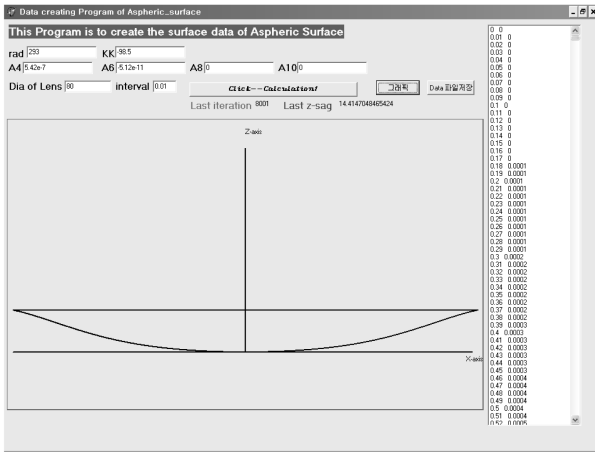


Fig. 2. Status after clicking graphic mode.

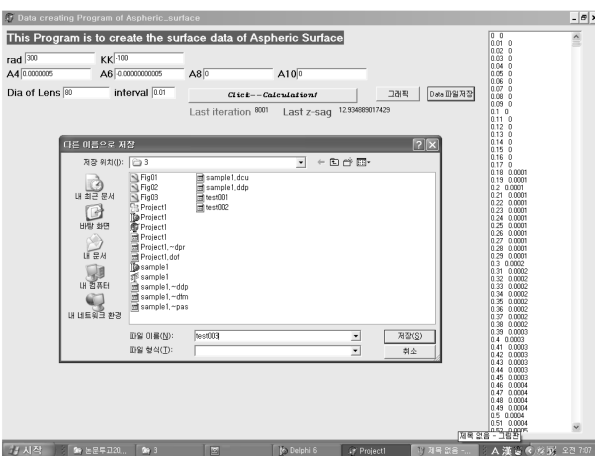


Fig. 3. Status of storing calculated data to directory file.

있다.

오른쪽 창에 출력되어진 형상에 대한 수치 데이터를 데이터 파일로 저장하고 싶을 때는 ‘Data파일저장’ 버튼을 누르면 그림 3과 같이 저장할 파일의 디렉토리를 설정하여 파일을 정하여 저장할 수 있도록 하였다.

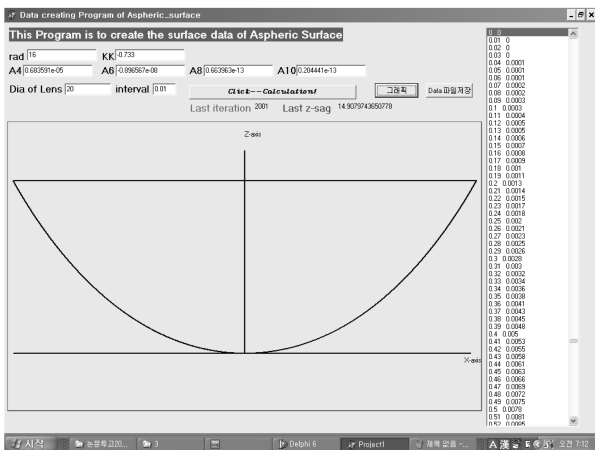


Fig. 4. Another operating result for a aspheric illumination lens.

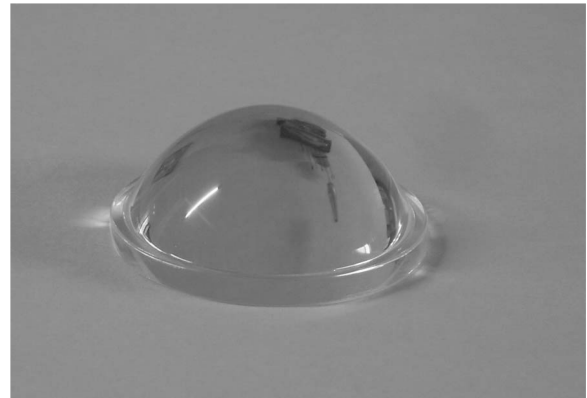


Fig. 5. Aspheric lens manufactured by the numerical data from results of Fig. 4.

프로그램 사용자는 이 저장되어진 수치 데이터 파일로 코아 가공을 위한 자료를 제공할 수 있게 된다.

그림 4는 본 프로그램의 안경렌즈의 코아 가공이 아니라 조명광학계용 일반 비구면 렌즈 가공에 사용한 또 다른 실시예로서 곡률반경 16 mm, $k=-0.733$, $A_4=0.683591 \times 10^{-5}$, $A_6=-0.896967 \times 10^{-8}$, $A_8=0.663963 \times 10^{-13}$, $A_{10}=0.2044414 \times 10^{-13}$ 인 비구면 설계 데이터로 CNC 선반에 입력할 수치 자료를 출력한 형태와 형상을 보여주고 있다.

그림 5는 이렇게 산출된 데이터를 활용하여 직접 코아를 만들어서 사출한 비구면 렌즈를 보여 주고 있다.

결 론

polycarbonate(PC)용 안경렌즈를 생산하는데 사용되는 몰드(mold)를 가공하기 위해서는 코아의 가공이 필요하다. 코아의 가공은 Diamond turning machine(DTM) 또는 computer numerical control(CNC) 선반으로 이루어지는데 이러한 장비의 운용을 위해서는 렌즈 코아 형상에 대한 수치 데이터가 필요하게 된다. 이에 우리는 렌즈 코아 형상에 대한 수치 데이터를 산출하는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 일반 비구면 식의 계수를 사용하여 수치 데이터를 산출할 수 있도록 개발하였으며, 형상 그래프를 보여줄 수 있도록 하였고, 필요한 수치 데이터 파일을 저장할 수 있도록 하였다. 프로그램의 개발이 실제 안경 코아를 가공하려는 업체의 요구에 의해서 진행되었는데 현재 현업에 잘 적용하고 있는 상태이다. 앞으로의 과제는 토릭 비구면과 누진렌즈의 형상을 수치 데이터^[1]로 산출하는 프로그램의 개발에 있겠다.

참고문헌

- [1] 강현식, “안경재료학”, 신광출판사, 서울, pp. 304-

- 305(2001).
- [2] 강현식, “안경재료학”, 신광출판사, 서울, pp. 295-302(2001).
- [3] M.H. Freeman, C.C. Hull, “Optics”, 7th Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 275-303(2003).
- [4] CODE V9.7, “CodeV Introductory User's Guide”, OPTICAL RESEARCH ASSOCIATES, California, USA, pp. 169(2006).
- [5] Mo Jalie, “Ophthalmic Lenses and Dispensing”, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 52-64(1999).
- [6] Koichi Takahashi, “HEAD OR FACE MOUNTED IMAGE DISPLAY APPARATUS”, U.S. 5875056, 1999.
- [7] 김홍선, 두하영 외, “과학적인 안경조제”, 대학서림, 서울, pp. 257-264(2006).
- [8] Mo Jalie, “Ophthalmic Lenses and Dispensing”, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 150-164(1999).
- [9] 백운기, 양병규, 류기동, 김민식, “Delphi 6 시작 그리고 완성”, 대림, 서울, pp. 301-431(2002).
- [10] Clifford W. Brooks, O.D., “Lens Surfacing Handbook”, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, pp. 102-129(1992).

Program Development for Extracting the Numerical Data of Aspherical Surface for the Core Manufacturing of Ophthalmic Lens

Dong-Hee Lee

Department of Optometry, Eulji University

(Received August 18, 2007: Revised manuscript received September 20, 2007)

To manufacture the lens mold used in producing polycarbonate (PC) lenses, the core manufacturing is needed and this core manufacturing is generally performed by diamond turning machine (DTM) or computer numerical control (CNC) lathe. The numerical data about the lens core feature is necessarily needed for operating of these devices. Therefore, we developed the program which calculate the numerical data about the lens core feature. The program was composed to be able to input aspherical coefficients of lens feature, display the graph of lens feature, and save the numerical data file.

Key words: core manufacturing, ophthalmic lens, aspherical surface, anamorphic aspherical surface, toric surface