

# 비구면 안경렌즈 상용화를 위한 평가기술

## The study of Reverse Engineering of Aspherical Ophthalmic Lens Curvature

\*김명상, 김효식, 양순철, 국명호, 김건희#

\*KM. S. Kim, H. S. Kim, S. C. Yang, M. H. Kook, #G. H. Kim(kgh@kbsi.re.kr)

한국기초과학지원연구원 연구장비개발부

Key words : Aspherical lens; Ophthalmic lens, Profile measurement

### 1. 서론

비구면 렌즈 광학계는 초점 집광 성능을 향상시켜 구면수차를 제거하고, 복잡한 렌즈조합을 필요로 하지 않으며 높은 투과율이 얻어지는 등의 많은 장점을 가지고 있어 광 응용 제품을 경박 단소, 고밀도, 고화질로 할 수 있어, 그 수요가 증대되고 있다. 특히 서브마이크로미터의 정밀도를 요구하는 카메라 폰, DVD, HD-TV의 광학설계에서는 비구면 렌즈가 광학시스템 구성의 필수 요소이며, 비구면 렌즈의 설계 및 제조기술이 전체시스템의 개발 및 성능향상에 결정적인 역할을 하고 있다<sup>1, 2</sup>. 또한 비구면 렌즈는 고도수의 렌즈 사용자에게 처방되는 안경렌즈의 두께와 무게를 감소시킬 수 있어서 소비자의 선호도가 높다. 그리고 구면 렌즈에서 발생하는 광학수차를 효과적으로 줄여서, 렌즈착용시의 어지러움이나 상의왜곡 등을 방지하는 기능도 가지고 있다. 이와 같은 비구면 렌즈의 제조공정은 저가격과 대량생산을 위해서, 몰드를 복제 성형하는 방법으로 생산한다. 비구면 렌즈몰드의 가공은 래핑과 후속의 폴리싱에 의해서만 제작되는 구면몰드의 경우와 다르게 초정밀급 또는 정밀급가공기에 의해서 제작된다<sup>3,5</sup>.

최근에는 누진 다촛점 렌즈 안경이 개발되어 렌즈표면 부위에 근용부와 원용부 사이의 중간대를 광학적으로 연속 처리, 수직 프리즘 효과를 최소화하는 특징 점을 가지고 있는 3차원형상의 안경렌즈가 노안 및 시력교정용으로 개발되고 있다. 누진 다초점 렌즈는 정밀한 제조 및 가공 과정이 필요하며, 안경렌즈 설계기술이 부족한 국내에서는 최근 역설계를 통한 누진렌즈 국산화를 추진하고 있다.

렌즈형상은 제조 공정의 오차를 포함하고 있으며, 공정오차를 보상한 렌즈금형면의 재 설계 등이 필요하다. 따라서 오차 범위내에서의 신뢰성 있는 렌즈 제작을 위해서는 제작된 누진 렌즈의 형상을 정확하게 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

따라서 본 연구에서는 제작된 누진 다촛점 비구면 렌즈의 형상을 정의하고 분석하는 과정과 형상이 알려지지 않은 임의의 누진 다초점 안경렌즈에 대하여 측정형상을 이용하여, 누진 렌즈 형상을 역으로 추출하는 방법에 대하여 연구하였다.

### 2. 누진 다촛점 렌즈의 형상 정의

누진 다초점 안경렌즈는 렌즈표면 부위에 근용부와 원용부 사이의 중간대를 광학적으로 연속 처리, 수직 프리즘 효과를 최소화하는 특징을 가지고 있는 3차원형상의 스플라인 곡면으로 설계되어 있다. 설계식이 없는 누진렌즈의 정확한 측정을 통한 역설계를 위해서 우선 Point Data를 이용한 설계식을 작성한다.

부여된 3 차원의 Point Data 에 대하여 Spline 상수를 이용하여 구형상의 곡면을 작성하여 측정장비에서 인식 할 수 있는 스플라인곡면으로 작성 한다.

누진 렌즈의 측정 Software에서는 아래의 Spline 상수를 사용하고 있다. 영역  $R_{ij} : x_{i-j} < x < x_i ; y_{j-1} < y < y_j$ 에 있어서 아래의 식이 성립된다.

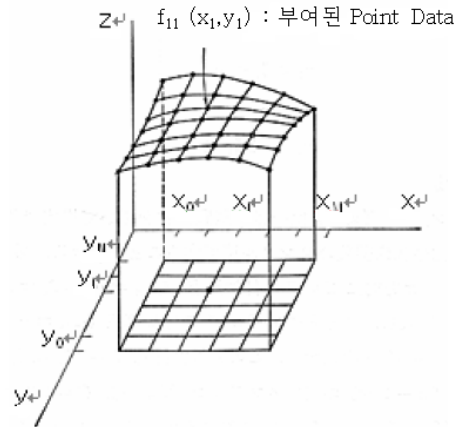


Fig. 1 Scheme of 3D profile

$$z_{ij}(x, y) = \sum_{m=0, n=0}^3 \Gamma_{mn}^{ij} (x - x_{i-1})^m (y - y_{j-1})^n$$

$\Gamma_{mn}^{ij} = A(\Delta x_{i-1}) K_{ij} A(\Delta y_{j-1})^T$ : Spline 관수 Parameter

$$A(h) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -3/h^2 & -2/h^2 & 3/h^2 & -1/h \\ 2/h^2 & 1/h^2 & -2/h^2 & 1/h^2 \end{bmatrix}$$

$$K_{i,j} = \begin{bmatrix} f_{i-1,j-1} & Q_{i-1,j-1} & f_{i-1,j} & Q_{i-1,j} \\ P_{i-1,j-1} & S_{i-1,j-1} & P_{i-1,j} & S_{i-1,j} \\ f_{i,j-1} & Q_{i,j-1} & f_{i,j} & Q_{i,j} \\ P_{i,j-1} & S_{i,j-1} & P_{i,j} & S_{i,j} \end{bmatrix}$$

$$P_{ij} = fx(x_i, y_i), Q_{ij} = fy(x_i, y_i), S_{ij} = fxy(x_i, y_i)$$

$$\Delta x_{i-1} = x_i - x_{i-1} \quad \Delta y_{i-1} = y_i - y_{i-1}$$

누진 다초점 렌즈 측정을 위한 Data 처리순서는 측정하고자 하는 곡면의 Point Data를 작성하고, Spline Parameter 해석프로그램을 이용하여 Spline 상수의 Parameter를 산출한다. UA3P Software의 설계 Mode에 있어서 Spline 상수를 설계식으로 등록하고 피 측정물의 측정, 평가를 수행한다.

### 3. 누진 다초점 렌즈의 측정

누진 다초점 렌즈의 형상 측정을 위하여 원자간력을 이용한 측정프로그램이 장착된 나노미터단위의 3차원형상 측정이 가능한 UA3P(Panasonic사)를 이용하여 본 연구를 수행하였다.

측정 시편은 직경 75mm, 굴절율 1.67인 상용화된 누진 다초점 안경렌즈에 대하여 3차원 형상을 측정하였다. 누진 렌즈의 설계 값이 없기 때문에 3차원의 점군 데이터를 렌즈 표면으로부터 추출하고 최적근사 3차원 스플라인 곡면을 생성하여 설계 데이터로 적용하여 제품을 측정하였다. 일반 3차원형상 측정장비를

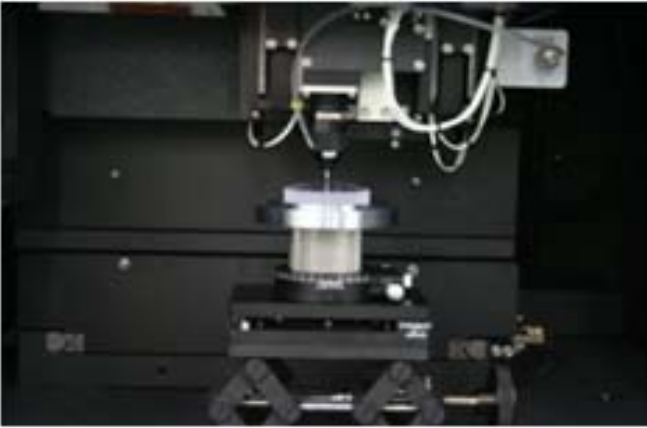


Fig. 2 Photograph of the ophthalmic lens measuring

활용하여 위와 같은 측정을 시도 하였으나, 측정 정밀도가 수 마이크로미터 수준으로 누진 면에 대한 나노미터 단위의 곡률변화를 생성하지 못하여 누진곡면 형상 생성이 불가능하였다. 원자간력을 이용한 접촉프로브 검출 시스템인 UA3P를 이용한 누진렌즈의 형상측정은 우선 렌즈의 X, Y축 상에서 최적곡률반경을 찾아내고, 최적곡률반경을 기본곡률반경으로 UA3P에서 설계형상 DATA의 CSV출력으로 가상의 X, Y, Z 축상의 점군을 출력한다. 이러한 가상의 점군에서 자유곡면 형상의 기본 설계형상 점군을 작성한다. 이를 이용하여 렌즈 곡면 형상을 측정하여 데이터를 획득함으로써 구하려는 스플라인(Spline) 설계식을 작성하여 누진 다초점 렌즈의 기본 설계 형상을 측정하였다.

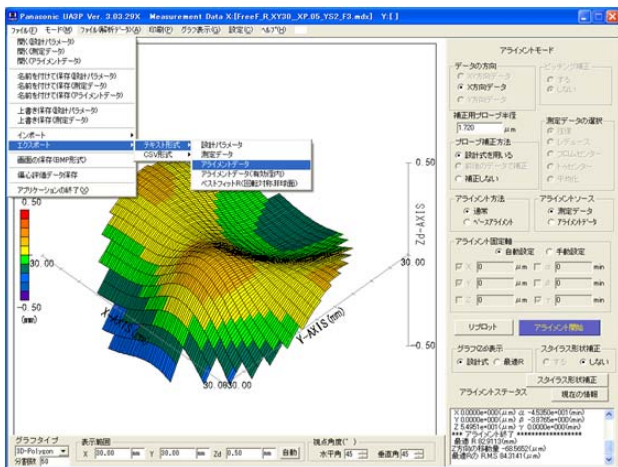


Fig. 3 3D Form error profile after best-sphere approximation

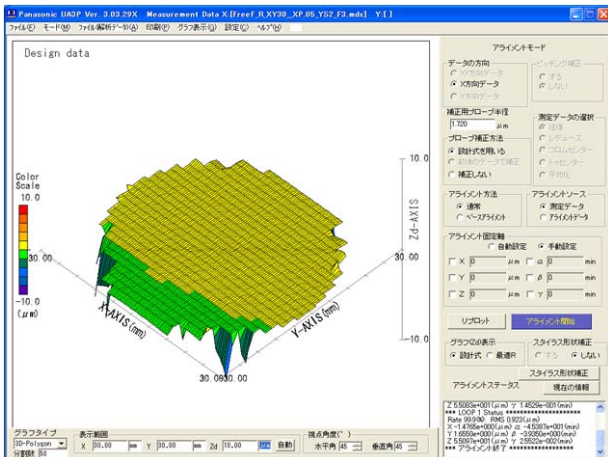


Fig. 4 3D Form error profile after analysis by UA3P

#### 4. 결론

노안 및 시력교정용으로 사용되고 있는 누진 다초점 안경렌즈의 국산화를 위하여, 미지의 형상을 가진 누진 다초점 안경렌즈의 나노미터단위의 3차원 형상을 측정하는 방법을 연구하였으며, 3차원의 형상 데이터를 이용하여 누진렌즈의 설계데이터를 추출하였다. 누진렌즈의 측정을 위하여 원자간력을 이용한 측정프로브가 장착된 나노미터단위의 3차원형상 측정이 가능한 UA3P를 사용하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 누진 다초점 렌즈의 형상을 측정한 후, 그 오차를 최소화하는 근사 3차원 형상 스플라인 곡선데이터를 찾아내어 3차원 누진곡면을 생성하였다.
- (2) 생성한 3차원 누진곡면을 적용하여 누진 렌즈의 형상을 측정 분석하여 일반 3차원측정기에서 측정이 불가능했던 누진 다초점 안경렌즈의 형상측정이 가능함을 확인하였다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 2008년 지역연고산업진흥사업 “대전지역 렌즈산업 신성장동력 발굴사업”의 일환으로 진행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Zimmerman, J., “Continuous process improvement: manufacturing optics in the twenty-first century”, Proc. SPIE Vol. 1994, pp.176-182, 1994.
2. Yoo, J., Lee, C., Jeong, S., “An Optical Head with Special Annular lens for laser disc compatible digital versatile disc pickup”, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37, pp.2184-2188, 1998.
3. Venkatesh, V.C., Zhong, Z., Wihardjo, E., “Studies on polishing of glass moulds after lapping with hard and soft pellets”, J. Material processing technology Vol. 62, pp. 415-420, 1996.
4. Lee, H., Yang, M., “Dwell time algorithm for computer-controlled polishing of small axis-symmetrical aspherical lens mold”, Optical Engineering, Vol. 40, No. 9, pp.1936-1943, 2001.
5. Yang, M., Lee, H., “PC-NC based aspherical lens polishing system with minimum translation mechanism”, J. of Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 5, pp.65-71, 2001.