

(-) 구면 렌즈 면의 반사상에의한 굴절력 측정

최운상·김대현*

부산여자대학 안경광학과, 경북과학대학 안경광학과*

(2004년 7월 6일 받음, 2004년 10월 20일 수정본 받음)

안경렌즈 면 위에 반사되는 상을 관찰하면 한 물체에 대해 두 개의 상이 나타나 있다. 이것은 렌즈 전면에서 반사되는 상과 렌즈 후면에서 반사되는 상이다. 이 상들은 렌즈 전, 후면의 굴절력에 의해 렌즈 면에서 반사되는 상이며, 렌즈 전체의 굴절력은 렌즈 전, 후면의 굴절력을 이용하면 얻을 수가 있다. 그러므로 렌즈 면 위에서 나타나는 상 크기 측정은 렌즈의 굴절력을 측정하는 기기의 도움 없이 렌즈의 굴절력을 측정하는 방법이 될 수 있다. 렌즈 면 위에서 측정된 두 개 반사상의 비와 굴절력을 측정하여 계산한 값과 비교하였다.

주제어 : 안경렌즈, 구면거울, 반사상, 면굴절력,

I 서 론

안경렌즈의 굴절력은 렌즈메터 등과 같은 굴절력 측정기기를 이용하여 측정할 수 있다. 하지만 렌즈 자체가 굴절력을 표시하는 요소를 가지고 있기 때문에 이를 이용한다면 기기를 사용하지 않더라도 렌즈의 굴절력을 추정할 수 있다. 그 방법으로서 렌즈 면 위에 반사되는 상을 이용할 수 있다. 즉, 렌즈면 위를 살펴보면 한 물체에 대해 두 개의 반사상이 생기는 것을 관찰할 수 있다. 두 개의 반사상은 렌즈의 전면과 후면에서 각각 형성된 반사상이며, 이렇게 렌즈 면 위에 형성된 전면과 후면의 반사상의 두 개 크기를 비교함으로서 렌즈의 굴절력을 추정할 수 있다.

본 연구는 렌즈 면 위에 형성되는 두 개의 반사상의 크기를 비교하고 또 렌즈의 면굴절력을 측정하여 형성될 수 있는 반사굴절력을 계산하였으며, 그 값을 렌즈 표면에서 측정된 반사상과 비교하였다.

II 이 론

안경렌즈 면 위에 반사되는 상의 크기는 렌즈의 굴절력에 따라 크기가 변화하게 된다. 굴절력은 렌즈의 전면 굴절력과 후면 굴절력이 다르기 때문에 각각의 굴절력에 따라 크기가 다른 두 개의 반사상을 만들게 된다. 이러한 두 반사상의 크기는 전면 굴절력과 후면 굴절력의 값이며, 전, 후면 굴절력은 렌즈의 전체 굴절력 값에 반영된다. 이와같은 두 반사상의 크기를 이용하면 렌즈 굴절력을 추정할 수 있다. 렌즈 전면의 반사상은 (+) 구면거울에 의해 형성된 반사상으로 해석되며, 렌즈 후면의 반사상은 두꺼운 렌즈에서 렌즈 전면으로 입사한 빛이 렌즈 후면에서 반사되고 다시 전면을 투과한 후 나타나는 반사상으로 해석 된다.

전면의 반사상은 구면 거울에 대한 가우스 결상식으로 계산되는데, 그 식은 다음과 같다^[1].

$$\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1} = D'_1 \quad \dots \dots (1)$$

여기서, s'_1 은 렌즈 전면 반사상의 상거리이고, s_1 은 전면 반사상의 물체거리이며, f_1 은 렌즈전면의 초점거리이고, D'_1 은 렌즈전면의 굴절력이다.

후면의 반사상은 두꺼운 렌즈에서 후면을 거울 면으로 가정한다. 전면을 입사하여 굴절된 상이 후면 거울에서 반사되고 다시 전면에서 출사하며 굴절되어 상을 형성하는 것으로 해석된다. 이 때 전면의 굴절력과 후면의 굴절력, 렌즈의 두께 및 굴절률이 영향을 끼친다. 이것은 그림 1과 같은 기하광학적 경로를 형성할 것이다.

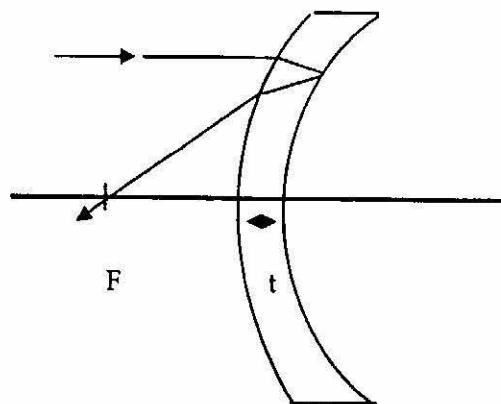


Fig. 1. Diagram of reflective image observed on the ophthalmic lens surface. F is focal point and t is thickness of lens.

이 그림에서처럼 후면에서 반사되는 굴절력은 다음 식과 같다^[2].

$$D' = \left(1 - \frac{t}{n} D'_1\right) \left(2D'_1 + D'_2 - \frac{t}{n} D'_1 D'_2\right) \quad (2)$$

여기서, D' 는 렌즈 전면에서 관찰되는 렌즈전면 굴절과 후면 거울의 결과된 합성굴절력이고, t 는 렌즈의 중심두께이며, n 는 렌즈의 굴절률이고, D'_2 는 렌즈 후면의 반사면 굴절력이다. 전면굴절과 후면 거울에 결과된 합성굴절력 상의 크기는 가우스 결상식으로 다음과 같이 계산한다.

$$\frac{1}{s'_2} + \frac{1}{s_2} = D' \quad \dots \dots (3)$$

여기서, s'_2 는 후면거울에 대한 상거리이고, s_2 는 후면거울에 대한 물체거리이다.

III 측정 및 결과

반사상의 측정은 임의의 표준화된 물체를 반사시켜서 렌즈 전면과 후면에 의해 형성된 반사상을 렌즈 전면에서 측정하고, 측정된 크기를 비교하였다. 렌즈의 전면에 형성되는 반사상을 그림 2에서 볼 수 있다. 이 그림에서 방안 천장에 있는 실내용 형광등이 렌즈 면 위에 반사되어 형성된 반사상을 볼 수 있다. 두 개의 반사상은 각각 전면과 후면에서 형성된 반사상이다. 반사상의 크기 측정은 0.01 mm 까지 측정 가능한 버니어캘리퍼 (Mitutoyo Co.)로 5번 이상 시도하였다. 이러한 반사상은 큰 반사상과 작은 반사상의 비를 계산하여 렌즈의 굴절력을 추정하였다.

렌즈 면 위에 형성된 반사상은 렌즈 굴절력을 변수로 계산하여 측정된 크기와 비교할 수 있다. 전면 반사상은 (1) 식으로 계산하고, 후면 반사상은 (3) 식으로 계산하였으며, 각 식에서 배율은 다음과 같은 식으로 하였다^[1].

$$M = \frac{s'}{s} \quad \dots \dots \dots (4)$$

여기서, M 은 배율이며, s' 은 각 면의 상거리이고, s 는 물체거리이다. 각 면에 대해 계산된 배율에 대해 전면에 대한 후면의 배율 비를 계산함으로서 실제로 측정된 두 반사상의 비와 비교할 수 있다. 렌즈의 전체굴절력은 투영식 렌즈메터 (Topcon, CL-100)로 측정하였다. (1) 식과 (2) 식에 포함된 변수들을 측정하기 위해 전, 후면 굴절력은 렌즈 메터 (Nishimura, No. 340)로 측정하였고, 렌즈의 중심두께는 두께 게이지 (Nishimura, No. 341 B)로 측정하였다.



Fig. 2. Photograph of two reflective image observed on the ophthalmic lens surface.

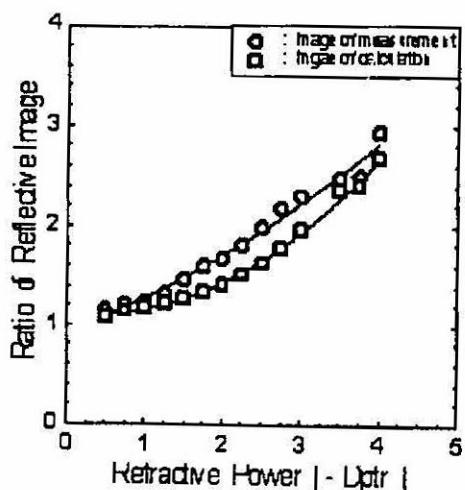


Fig. 3. The ratio of reflective image about CR-39 lens.

CR-39 렌즈 중에서 (-) 굴절력의 렌즈에 대해 측정된 결과가 그림 3에 있다. 그림에서 원 모양은 반사상을 실제로 측정한 큰 반사상과 작은 반사상의 비이며, 네모 모양은 (1)식과 (3)식으로 계산한 배율의 비이다. 렌즈 굴절력은 0 Dptr에서 -4 Dptr 까지 측정하였으며, 0.25 Dptr 단위로 측정하였다. 렌즈면 위에 반사상 크기를 측정한 경우가 계산한 것보다 비율이 높게 나타났으며, 둘 다 일정한 비율에 따른 변화를 보이고 있다. 이러한 경향은 유리렌즈에 대해 측정한 결과에서도 나타나고 있다. 그림 4는 크라운 유리렌즈에 대해 0 Dptr에서 -4 Dptr 까지 1 Dptr 단위로 측정한 결과이다. 유리렌즈에

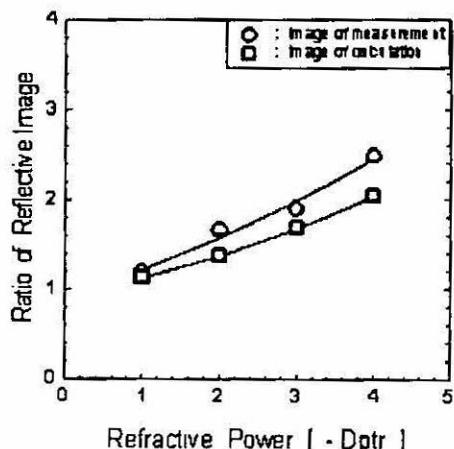


Fig. 4. The ratio of reflective image about Crown glass lens.

대에서도 굴절력이 증가함에 따라 일정한 비율로 반사상의 비가 증가함을 보이며, CR-39 렌즈에서처럼 같은 결과를 얻을 수 있다.

이 그림에서 굴절력 변화에 대해 배율변화의 폭이 작아 오차범위에 영향을 줄 수 있다. 이에 따라 0.5 Dptr 단위로만 굴절력에 대한 반사상의 비 값을 추정가능하며, 반사상 크기 비를 굴절력으로 환산하여 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있다. 표에서 CR-39 렌즈와 크라운 유리렌즈에 대해 변화 폭이 다르게 나타나고 있는데, 그 이유는 CR-39의 굴절률은 1.498이며, 유리의 굴절률은 1.529로 계산되었기 때문이다.

Table 1. The ratio of reflective image about CR-39 lens and crown glass lens

Refractive Power(Dptr)	CR-39	Crown glass
- 1	1.2	1.2
- 1.5	1.45	1.4
- 2	1.7	1.6
- 2.5	1.95	1.8
- 3	2.3	2
- 3.5	2.55	2.2
- 4	2.8	2.4

IV 결 론

안경렌즈 면 위에 반사되는 상을 관찰하면 렌즈 전면에서 반사되는 상과 렌즈 후면에서 반사되는 상을 각각 볼 수가 있으며, 이 상들은 렌즈 전, 후면의 굴절력이 반영되어 반사되는 상이다. 렌즈 전, 후면의 굴절력을 이용하면 렌즈 전체의 굴절력을 얻을 수가 있기 때문에 렌즈 면위에서 볼 수 있는 상의 크기를 측정함으로서 렌즈의 굴절력을 측정하는 기기의 도움이 없이 렌즈의 굴절력을 측정 할 수 있다. 실제 (-) 굴절력의 CR-39 렌즈와 크라운 유리 렌즈

면 위에 형성된 두 개의 반사상 비 와 렌즈 전, 후면의 굴절력 측정을 통해 계산된 값을 비교함으로서 두 개 반사상 비에 따른 렌즈의 굴절력을 측정할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이원진 외, 기하광학, 수문사, pp. 103-150 (2000)
- [2] F.A. Jenkins and H.E. White, Fundamentals of Optics 4th, McGraw Hill Inc. pp. 98-109 (1976)

Measurement of Refractive Power by Reflective image on the Negative Spherical Lens.

Woon-Sang Choi and Tae-Hyun Kim*

Department of Ophthalmic Optics, Pusan Women's College

*Department of Ophthalmic Optics, Kyongbuk College of Science **

(Received July 6, 2004; Revised manuscript received October 20, 2004)

We can see that two images of reflection are observed on the surface of a ophthalmic lens. These are the image reflected from front surface and back surface of lens, respectively. The reflective image shows to be affect by surface refractive power of front and back surface of lens. Total refractive power of lens is calculated by refractive power of front and back surface of lens. Accordingly, the ratio of image on the lens surface is able to measure refractive power of ophthalmic lens without helping of the lensmeter. The ratio of two reflective image measured on the lens surface is compared with the calculated ratio by the power measurement.

Key words : Ophthalmic lens, Spherical mirror, Reflective image, Refractive power of surface