

카메라 렌즈의 현황과 설계

이번호에서는 제11회 광기술 워크샵에서 발표된바 있는 삼성테크윈(주)의 '카메라 렌즈의 현황과 설계'의 내용을 게재한다. 광학세계 독자를 위해 삼성테크윈에서 주요 내용 위주로 요약·정리해 주었다. 본고에서는 카메라용 광학계의 기본 구성 및 설계, 제조에 대해 소개하고, 또한 최근 그 수요와 용도가 급격히 증가하고 있는 Digital Still Camera용 결상 광학계의 설계와 평가에 대해서도 언급하고 있다. <편집자 주>

글 / 김재범, 김성우, 박영우, 강건모
(삼성테크윈 광디지털사업부 신규사업팀 개발UNIT)

카메라용 결상 광학계는 초기 단초점 렌즈에서 Zoom Camera System의 개발로 변배가 가능한 줌렌즈로 발전하게 됐고, 소형 및 경량화 추세에 따라 대구경에서 소구경으로, 구면 렌즈에서 비구면 렌즈로 변화돼 왔다. 최근에는 카메라의 크기가 한계수준까지 작아지면서 광학설계에도 상당한 부담이 되고 있다. 당사에서는 약 20년간 지속해온 카메라용 결상 광학계 및 View finder-쌍안경 광학계, 각종 CCD 광학계 이외에 조명계, 특수광학계의 설계 및 평가, 양산화 능력을 보유했다. 본 논문에서는 Compact 카메라용 광학계의 기본 구성 및 설계, 제조에 대해 소개하고자 한다. 또한 최근 그 수요와 용도가 급격히 증가하고 있는 Digital Still Camera용 결상 광학계의 설계와 평가에 대해서도 언급하기로 한다.

I. 서론

카메라는 광학, 기구, 전자가 복합된 정밀기기의 부류에 포함된다. 고전적인 영역에서는 렌즈로 대표되는 광학부분과 이를 지지해주는 불필

요한 광들을 제어해주는 역할로써 기구부품이 적용돼 왔다. 특수한 계층이나 몇몇 전문가만이 가질 수 있었던 고가의 한정된 제품이 설계 및 제조기술의 급격한 발달과 더불어 대량 생산을 통해 일반인들에게까지 보급되면서 기존의 대구경 고정초점중심에서 줌 기능을 중심으로, 기구적인 발전과 전자적인 보정 기능이 추가된 형태로 급속하게 발전됐다.

이러한 형태의 발전에 따라 카메라를 구성하는 핵심 부품중의 하나인 광학계도 그 구성이나 기본적인 사양 등이 변화하게 됐다. 그 기본적인 변화를 간단하게 정리해 보면 다음과 같은 변화를 보여주고 있다.

1. 일안 리플렉스 → 결상계와 Finder계가 독립된 Compact Type
2. 고정초점방식 → 줌 광학계로
3. 대구경 → 소구경으로
4. 유리렌즈 → 플라스틱 재질로
5. 구면렌즈 → 비구면 렌즈를 포함한 특수렌즈(GRIN, 회절렌즈)로

일안 리플렉스 카메라에서는 결상 렌즈를 통과한 광속이 동일한 광로장을 지나 Film 면과 초점판에 그 상이 맺히게 돼있다. 이러한 카메라는 긴 후 초점 거리가 확보돼야 하고 정밀한 기계작동이 요구되어지므로 가격과 크기가 대중화에는 부담으로 작용할 수 밖에 없었다. 이에 따라 카메라가 휴대에 간편하고 전문적인 지식이 없더라도 쉽게 사용할 수 있도록 작은 크기와 저렴한 가격의 자동기능 Compat Camera가 시장의 흐름을 형성하게 됐다.

카메라의 크기와 가격은 대부분이 렌즈와 Shutter에 의해서 결정된다. 그래서 일안리플렉스 카메라의 경우 광학계는 대구경 Gauss Type을 기본으로 하는데 반해 Compact Camera는 소구경이면서 후초점 거리가 짧은 Telephoto Type으로 바뀌게 됐고, Shutter는 기계식 Focal Plane 식에서 전자식 Between 형태로 발전하게 됐다. 또한 전자적인 부분이 추가돼 자동측거 및 자동노출로 누구나 손쉽게 사용할 수 있도록 기능을 보완했다.

광학계에서는 Compact 형태의 카메라 발달과 더불어 Zoom lens가 본격적으로 도입됐다. 컴퓨터의 처리속도가 비약적으로 향상됨에 따라 실제 의미있는 Zoom 광학계를 필요한 시간내에 설계할 수 있게 됐고, 정밀 금형가공 및 성형기술의 발달로 설계된 Zoom 궤적을 구현할 수 있게 해주는 기구부품을 대량생산이 가능한 형태로 제조할 수 있게 됐다.

Zoom Lens의 발전과 더불어 광학계에 획기적인 변화라고 할 수 있는 것이 렌즈 소재의 변화이다. 갈수록 작고, 가벼우며 저렴한 것을 요구하는 시장의 요구와 치열한 시장경쟁에 따른 원가절감 요구 등이 작용하여 렌즈소재로서의 Plastic 재질에 대한 개발이 활발하게 진행됐다.

II. Compact Camera의 결상 광학계

1. 고정초점 광학계

단초점 렌즈는 Triplet Type을 기본으로 하고 여기에 상면만곡 보정을 위해 1매가 추가된 Tessar Type으로 구성된다. 고정초점의 경우는 초점거리가 대부분 35mm 정도로 구성돼 자동측거를 사용하지 않거나 한정된 step만을 사용하고, 깊은 광학적 심도로 피사계 영역을 대부분 cover하게 한다.(winky, AF500)

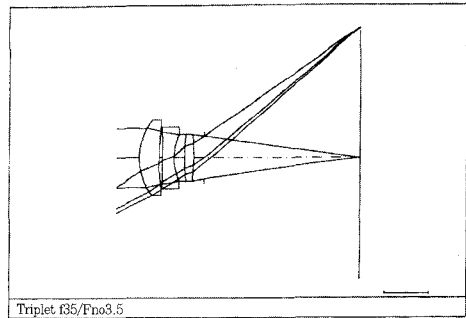
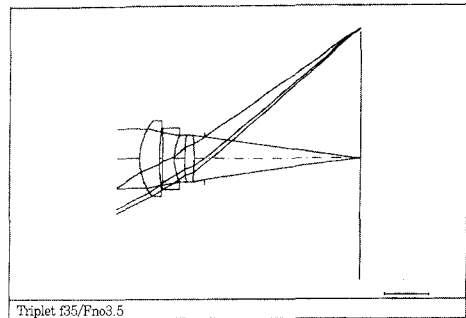


그림 1. 고정초점 촬영렌즈

2. 저배율 줌광학계

통상 2배정도의 줌 배율을 갖는 광학계는 Telephoto Type으로써 2군중으로 구성돼 있다. 전군에는 정의 굴절력을 갖는 렌즈로 구성되고

후군에는 부의 굴절력을 갖으며 전군과 후군 사이의 간격이 변화됨에 따라 변배를 이루는 구성이다. 전군 렌즈의 구성에 따라서 렌즈 전체의 밝기(Fno)와 전장이 결정된다. 통상 5 ~ 7대로 구성되나, 비구면 렌즈를 채용하면 4대 정도의

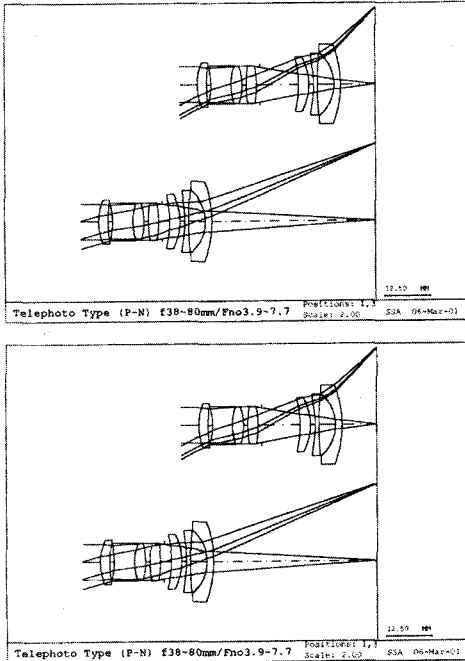


그림 2. 저배율 줌 촬영렌즈

구성도 가능하다. Plastic lens의 적용이 가장 활발한 광학계이다. (Zoom 800, QS380)

3. 고배율 줌광학계

3배 이상의 줌 배율을 갖는 광학계를 고배율 줌 렌즈로 분류할 수 있다. 초기단계에는 3배 정도에서도 P-P-N 형태나 N-P-N 형태의 3군줌의 구성을 이뤘으나, 1군과 2군을 결합해 정의 굴절력을 갖게 하는 2군줌의 형태로 하여 줌배율을 확장해 가고 있다. 최근에는 2군 형태로 4배 정도까지 달성하고 있다. 이러한 구성이 가능할 수 있는 것은 초정밀 금형 가공기술 및 성형기술

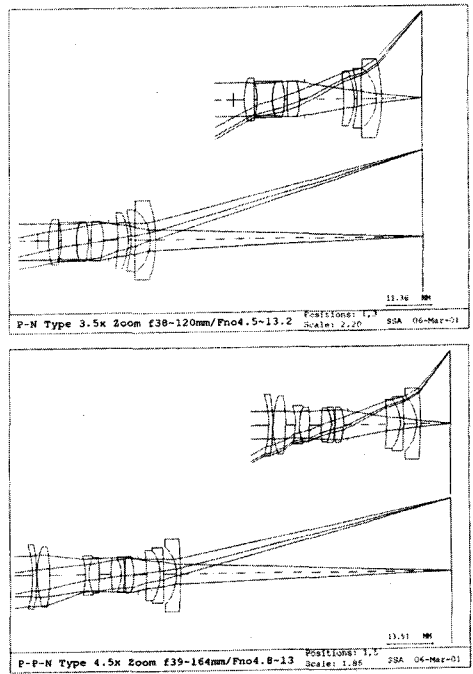


그림 3. 고배율 줌 촬영렌즈

의 발달과 더불어 Plastic Molding에서 제한 받던 소재의 선택영역이 다양한 Glass molding 소재의 개발로 가능하게 됐기 때문이다.

고배율 Compact 줌 카메라는 현재까지는 5배줌 정도가 현실적으로 가능한 최고 줌배율 정도로 생각되어지고 있다. 그 이상이 될 경우에는 기구부품 구성상의 어려움과 손떨림, 플래쉬 촬영영역 등의 많은 문제가 발생하게 되고, 이러한 문제들이 일부 해결된다 하더라도 그 필요성 등에 의문이 발생하게 된다.

Ⅲ. Viewfinder 광학계

일반적으로 파인더는 대물부와 접안부로 구성돼 있다. SLR Camera의 경우는 파인더의 대물부로서 촬영 광학계를 이용하기 때문에 시차의 발생이 없고 시야율에 대한 설정이 용이하므로

90 ~ 95%정도의 시야를 실현이 가능하다. 이것은 사용자가 원하는 촬영구도를 구현함에 있어서 상당한 장점이 되는 것이다. 이에 비해서 Compact Camera에 주로 이용되는 파인더의 경우, 독자적인 광학계를 가지고 있다. 그러므로 상당히 Compact하게 시스템을 구성할 수 있고 저렴한 가격이 장점이다. 그렇지만 그림 4에서 보는 바와 같이 촬영 광학계와 파인더 광학계는

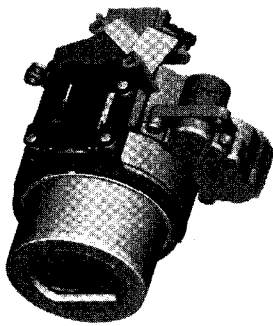


그림 4. Finder and Barrel Assembly

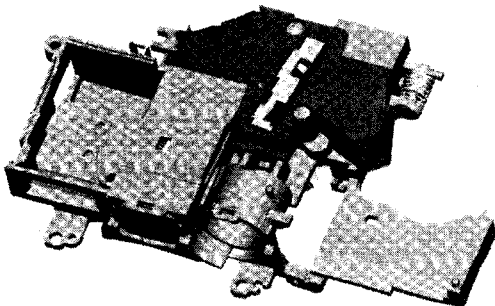
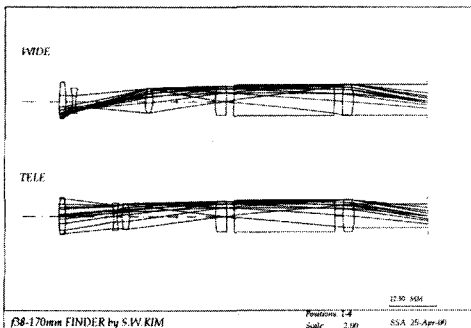


그림 5. 170IP 파인더 광학계



X,Y축 방향으로 시차를 갖게 되는데, 이러한 시차 때문에 시야율도 80 ~ 90%정도 밖에는 가질 수가 없어서 작품 사진을 찍기에는 어려움이 따른다.

IV. Digital Still Camera

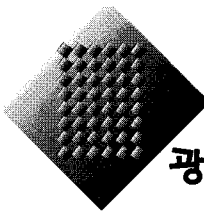
1. 서론

1981년에 CCD를 이용해 촬영시 자기디스크에 화상을 기록하는 스틸 비디오 카메라(MAVICA-SONY)가 발표됐다. 카메라 메이커에게는 매우 충격적인 사건이었으며 이후 디지털방식의 카메라에 대한 연구가 계속돼왔다. 1995년에 일반 상업적 용도의 디지털카메라 QV-10(CASIO, 25만 화소)가 발표됐다. 1996년 가을에는 81만 화소 CCD를 사용한 C-800L(올림푸스)가 발표됐고, 이후 민생용 디지털카메라의 고화질화가 시작됐다. 1997년에는 2/3" 140만 화소 CCD를 사용한 DSC가 발표돼 메가 픽셀급이 주류가 되는 시대로 진입했고, 1998년부터는 COMPACT한 메가 픽셀급의 DSC가 시장에 나오기 시작했으며 1999년에는 200만화소급, 2000년에는 300만화소급의 DSC가 주로 출시됐다.

연간 출하대수는 2000년에 전년대비 109.5% 증가한 1082만3000대이며 2001년에는 전년대비 71%증가한 1854만대로 예측하고 있는 매우 큰 시장규모를 이루게 됐다.(日經 Market Access)

지역별로는 2000년 기준으로 미국시장이 45%, 일본시장이 24.5%를 점유하고 있고, 메이커별로는 SONY가 21.5%의 마켓셰어로 1위, 근소한 차이로 올림푸스가 2위, FUJI가 3위의 세계시장 점유율을 가지고 있다.

2. 디지털 카메라의 광학 설계시 고려되어야 할 사항



1) 초점거리F/화각

135mm필름 환산 35mm정도가 되는 것이 표준이고 줌렌즈의 경우에는 이를 기준으로 망원측으로 약 3배 정도 되는 것이 표준으로 전개되고 있다.

2) F-number

화소 피치가 작을수록 촬상 소자의 감도가 저하되고 소조리개 시의 회절에 의한 MTF열화가 문제가 되기 때문에 가능한 F-number가 작을수록 좋다.

3) 전장 및 렌즈 외경

화질, F-number등의 기본사양의 향상에 상반되는 항목이지만 기능, 디자인 등의 카메라 전체의 우선도를 조정하여 설계목표를 정하는 것이 바람직하다. 사용상태의 전장이외에 수납시의 전장이 중요한 요인이 되기도 한다.

4) 최저근 촬영거리

디지털 카메라는 매크로 촬영을 중요시하기 때문에 적어도 20cm 내지 30cm 정도는 근접 촬영이 가능하도록 설계하는 것이 좋다.

5) 최대 평가상고

촬상 소자의 유효 촬상 영역의 중심과 광학계의 광축과의 틀어짐 양을 고려해야 한다.

6) Shading

Dynamic Range가 좁지만 정지 화상인 점을 고려해 은염 사진 렌즈나 비디오 무비렌즈보다 주변광량을 충분히 확보해야 한다. 동시에 주변부에서 급격한 열화는 피하는 것이 좋다. 그리고 CCD로의 광선입사각을 사용하는 CCD의 개구 특성에 맞추기 위해서는 출사동 위치에 주의해야 한다.

7) 왜곡수차

은염 필름 카메라와 동등한 수준으로 설계목표를 정하는 것이 바람직하다.

8) Ghost / Flare

동화상에 비해 엄격히 제어할 필요가 있다. 은염 화상보다 감마치가 높고 채도가 높은 경향이 기 때문에 은염 카메라보다 눈에 띄기 쉽다는 점에 유의해야 한다.

9) 제조오차 민감도

설계된 렌즈 TYPE과 전장에 의존한다. 특히 전장을 수% 단축하면 민감도는 급격히 상승하게 된다.

3. 촬영광학계의 구성 예

1) 단초점 렌즈계

초점거리를 짧게하고 축외 광선 사출각을 작

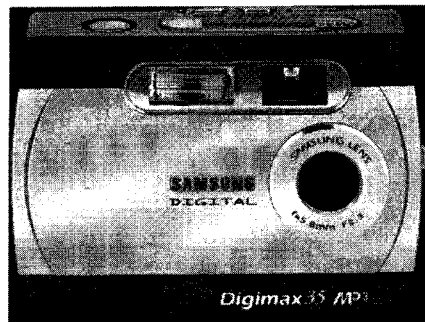
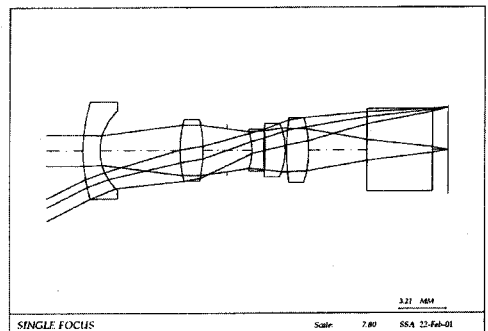


그림 6. 단초점 DSC 광학계

계 하기 위해서는 Retro-Focus 형식이 적당하다. 그리고 이 방식은 주변광량을 확보하기가 용이하다. 왜곡수차와 포커싱시의 수차변동(특히 비점수차와 코마수차)에 주의해야 한다.

2) 저배율 줌 렌즈계

단초점과 같은 이유로 N-P구성의 2군형식을 기본으로 구성하는 것이 일반적이며 이는 광각화 및 긴 후초점 거리를 얻는 것이 유리하다. 광각단에서는 제1군이 물체쪽으로 현저하게 이동해야 하므로 렌즈경이 커지게 되며 밝은 F-number를 얻기 위해서는 제2군이 현저하게 커지지 않으면 안된다는 단점이 있다. 이의 변형예로는 부정의 2군중에서 정의 후군을 나누어 부정정의 3군중 형식이 있다. 이 형식은 제3군을 비구면을 채용해 축외수차 보정과 축외 주광선 사출각을 작게 할 수 있으며 침통식으로 기구를 구성하기 쉽다.

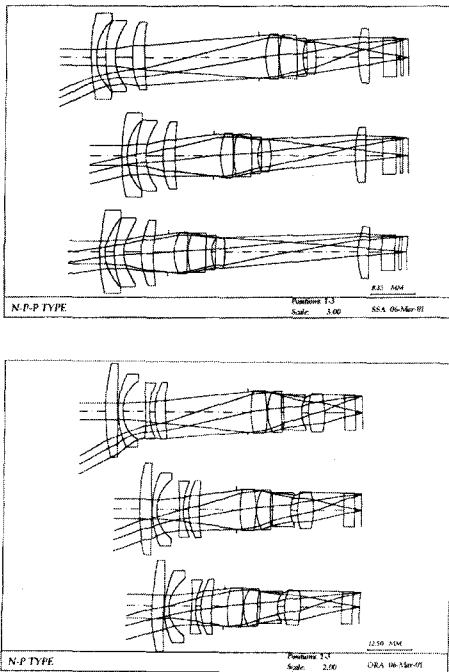


그림 7. 저배율 줌 DSC 광학계

3) 고배율 줌 렌즈계

제1군이 정의 굴절력을 가지는 것이 유리하며 정부정정의 4군중 형식정의 제1군을 사용함으로써 제2군에 입사하는 광선높이를 줄이고 제2군에 변배 작용을 부여시켜 후군의 변배 작용의 부담을 경감시킴으로써 고배율과 대구경화에 유리한 형식이다.

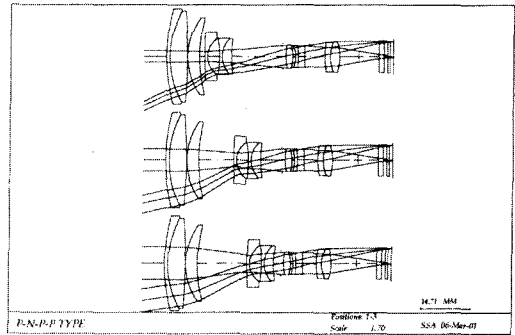


그림 8. 고배율 줌 DSC 광학계

4. 맺음말

CCD등의 촬영소자의 제조기술의 발전으로 최근 5년 동안 25만화소로부터 300만화소로 발전하여 화질의 대폭적인 향상이 이뤄졌으며 이를 충족시키기 위한 광학메이커는 사양, 성능, COST등의 요구사항을 신속히 만족시키는 설계 및 제작 능력을 갖춰야 한다. 현재 주류를 이루고 있는 메가 픽셀급의 DSC 광학계의 설계 및 제조에 관해서는 고해상도를 실현하는 설계기술과 소형렌즈의 제조, 조립능력이 필수적이다. 목표로 하는 사양에 충실히 만족할 수 있는 렌즈형태를 기본으로 하고 제조오차 민감도를 줄이는 방향으로 설계되는 것이 바람직하다. 또한 은염 카메라, DSC 모두 렌즈설계에서만 소형경량화는 한계가 있으므로, 효율적인 수납이 가능한 경통과 셔터의 개발등에 대한 연구도 지속적으로 이뤄져야만 한다.